FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

ANNÉE 1944

N° 15

Thèse présentée pour le Doctorat en Médecine

par

FAYE Albert, Jean, Léon

Né à Clermont-Ferrand, le 18 Février 1914

Diplômé d'Études Médicales Supérieures d'Education Physique

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DU NAGEUR

Président : M. HANNS, Professeur

Jury { MM. WARTER
SACREZ
GELMA

Imprimerie Générale
Jean de Bussac
2, Cours Sablon.
Clermont-Ferrand

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

ANNÉE 1944

N° 15

Thèse présentée pour le Doctorat en Médecine

par

FAYE Albert, Jean, Léon

Né à Clermont-Ferrand, le 18 Février 1914

Diplômé d'Études Médicales Supérieures d'Education Physique

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DU NAGEUR

Président : M. HANNS, Professeur

Jury | MM. WARTER
SACREZ
GELMA

Imprimerie Générale
Jean de Bussac
2, Cours Sablon,
Clermont-Ferrand

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

Doyen	MM.	André FORSTER ✻ ✪ I
Assesseur		P. ROHMER ✻ ✪ I.

Professeurs titulaires

Clinique médicale B	MM.	AMBARD ✻ ✪ I.
Embryologie et tératologie		ANCEL ✻ ✪ I.
Clinique neurologique		BARRÉ ✻ ✪ I.
Histologie		N....
Clinique O.R.L.		N....
Anatomie		FORSTER ✻ ✪ I.
Thérapeutique chirurgicale		FONTAINE ✪ A.
Chimie biologique		NICLOUX O. ✻ ✪ I.
Hygiène et bactériologie		OBERLING ✻ ✪ A.
Clinique dermatologique		PAUTRIER ✻ ✪ I.
Clinique psychiatrique		PFERSDORFF ✻ ✪I.
Clinique ophtalmologique		REDSLOB ✻ ✪ I.
Clinique d'obstétrique et maladies des femmes		KELLER ✻ ✪ I.
Clinique infantile		ROHMER ✻ ✪ I.
Physiologie		N....
Pharmacologie et Médecine Expérimentale		SCHWARTZ ✪ I.
Médecine légale et médecine sociale		SIMONIN O. ✻ ✪ A.
Hydrologie et climatologie		VAUCHER ✻ ✪ I.
Physique biologique		VLÈS ✻ ✪ I.
Clinique chirurgicale B		WEISS ✻ ✪ A.
Clinique Médicale A		N....
Anatomie pathologique		N....

Professeurs sans chaire

Histologie	MM	ARON ✻ ✪I.
Anatomie		BELLOCQ ✻ ✪ I.
Anatomie pathologique		GERY ✪ I.
Clinique médicale A		HANNS O. ✻ ✪ I.
Clinique psychiatrique		GELMA ✻ ✪ I.

Chargés de cours et agrégés

MM. CALLOT	MM. KLEIN	MM. HUMBERT ✻ ✪ A.
KAYSER ✪ A.	REISS ✪ A.	WARTER
ROMEY O. ✻ ✪ A.	SACREZ	THIVOLLE ✪ A.
TULASNE	GINGLINGER	P. MEYER.
Mlle ACHARD	BARTHELMÉ	E. FORSTER

Chargé d'un cours complémentaire

M. ROEDERER ✪ I.

Professeurs honoraires

M. STOLZ ✻ ✪ I. M. CHAVIGNY C. ✻ ✪ I. M. LERICHE O. ✻ ✪ I.
M. BOUIN O. ✻ ✪I. M. WEILL ✻ ✪ I. M. SCHAEFFER ✻ ✪ I.
M. REEB ✪ I.

Agrégés libres

M. SIMON O. ✻ ✪ A. M. KREIS ✪ A.

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des maîtres de cette école, de mes chers condisciples, je promets et je jure au nom de l'Etre suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis resté fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

A MA MÈRE

Faible témoignage de ma reconnaissance infinie et de profonde affection pour sa grande bonté et son dévouement incessant.

A MON PÈRE

Témoignage de ma grande affection et de ma sincère reconnaissance.

A MADAME GRAVIER

Mes très vifs sentiments de gratitude.

A MES AMIS

A notre Président de Thèse :

MONSIEUR LE PROFESSEUR HANNS

PROFESSEUR AGRÉGÉ DE CLINIQUE MÉDICALE

Avec l'expression de notre gratitude pour avoir bien voulu accepter la présidence de cette thèse et l'hommage de notre profond respect.

A NOTRE JURY DE THÈSE

A MONSIEUR LE PROFESSEUR DODEL

DE L'UNIVERSITÉ DE CLERMONT-FERRAND
PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE
LAURÉAT DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
MÉDECIN DES HOPITAUX
DOCTEUR ÈS-SCIENCES
DIRECTEUR DE L'INSTITUT D'ÉDUCATION PHYSIQUE
DE CLERMONT-FERRAND

Qui non seulement nous a inspiré le sujet de cette thèse, mais qui nous a dirigé et guidé au cours de son élaboration, témoignage de notre vive et respectueuse reconnaissance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR G. PATURET

PROFESSEUR D'ANATOMIE ET D'EMBRYOLOGIE
DE L'UNIVERSITÉ DE CLERMONT-FERRAND
PROFESSEUR DE L'ANATOMIE DU MOUVEMENT
A L'INSTITUT D'ÉDUCATION PHYSIQUE DE CLERMONT-FERRAND

Hommage de reconnaissance pour le précieux enseignement que nous avons reçu à ses cours magistraux.

A MADAME C. SUAUDEAU

PROFESSEUR DE GYMNASTIQUE CORRECTIVE ET MÉDICALE
A L'INSTITUT D'ÉDUCATION PHYSIQUE DE CLERMONT-FERRAND

A MONSIEUR R. SUAUDEAU

DOCTEUR ÈS-LETTRES DE L'UNIVERSITÉ (PHILOSOPHIE)
DOCTEUR EN DROIT
DIPLOMÉ D'ÉTUDES SUPÉRIEURES D'HISTOIRE
ET GÉOGRAPHIE
PROFESSEUR DE PÉDAGOGIE
A L'INSTITUT D'ÉDUCATION PHYSIQUE DE CLERMONT-FERRAND

Dont les cours ont été suivis par nous avec un vif intérêt. En témoignage de notre gratitude.

A TOUS MES MAITRES

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

DE L'ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE DE MÉDECINE ET DES HOPITAUX DE CLERMONT-FERRAND

AVANT-PROPOS

Ce n'est pas sans quelque appréhension que nous abordons ce travail sur l'étude physiologique du Nageur.

Le sport de la Natation nous a donné dans notre adolescence tant de joies, les compétitions auxquelles nous avons participé nous ont causé tant d'émotions que nous avons quelque pudeur à apporter notre contribution, si modeste soit-elle, au magnifique sport de base, au sport utilitaire par excellence qu'est la nage, pour employer l'expression désuète de nos pères.

Les circonstances exceptionnelles du temps présent ne nous permettent pas de donner comme préambule à ce travail l'étude anatomique du nageur.

Depuis longtemps déjà, les bases de cette étude avaient été posées. Si elle n'est pas indispensable à la compréhension de l'étude physiologique, du moins a-t-elle son utilité. Nous nous proposons, dès que les conditions seront meilleures, de compléter le travail que nous soumettons à l'appréciation de notre jury par des données précises sur le nageur en mouvement, sur l'effort de ses muscles et pour tout dire sur son anatomie.

Dans l'étude physiologique du nageur, les principes exposés plus loin sont basés sur des observations nombreuses. Notre but sera atteint si nous apportons un peu de lumière sur le comportement cardio-vasculaire du nageur au cours de l'effort et les conséquences qui en résultent.

M. le professeur Hanns a bien voulu nous faire l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse. Nous le remercions très sincèrement.

A notre jury de thèse nous exprimons notre gratitude et nos remerciements.

Nous sommes particulièrement heureux de souligner ici la part très active de M. le professeur Dodel, de l'Ecole de Médecine de Clermont-Ferrand, directeur de l'Institut d'Education Physique de Clermont-Ferrand, dans l'élaboration de ce travail ; il a inspiré, constamment dirigé nos recherches, nous lui adressons nos sentiments de grande reconnaissance.

Nous avons recueilli dans les cours magistraux faits à l'Institut d'Education Physique de Clermont-Ferrand par M. le Dr Paturet, professeur d'Anatomie à l'Ecole de Médecine de Clermont-Ferrand et professeur de l'Anatomie du Mouvement à l'Institut d'Education Physique, des renseignements précis qui nous ont été fort utiles. Notre regret est grand de ne pouvoir parler de l'étude anatomique du nageur. M. le Dr Paturet y tenait tout particulièrement, nous ayant accordé sa très amicale bienveillance doublée de ses remarquables connaissances anatomiques. Qu'il soit du moins assuré de tout notre dévouement.

Mme Suaudeau, professeur de gymnastique corrective et médicale à l'Institut Physique de Clermont-Ferrand, et M. Suaudeau, docteur ès-lettres, professeur de Pédagogie au même Institut, nous ont toujours témoigné une vive sympathie. Leurs conseils et leurs conférences nous ont ouvert des horizons nouveaux et largement augmenté le nombre de nos connaissances paramédicales.

Nous leur devons des remerciements tout spéciaux.

M. le Dr Maronneaud, président de la Commission médicale de la Fédération Française de Natation, a bien voulu s'intéresser à nos efforts. Vers lui aussi va notre amicale sympathie et notre gratitude. Nous avons puisé dans ses brochures traitant de la Natation des éléments importants de cette étude.

Enfin, le Commissariat Général à l'Education Générale et aux Sports, personnifié par son distingué directeur régional, M. le Commandant Tournier, a mis à notre disposition une documentation importante et qualifiée où nous avons glâné d'utiles précisions. C'est un devoir très agréable pour un jeune médecin

attaché au C.G.E.G.S. d'exprimer à ses chefs et surtout à M. le Commandant Tournier, ses respectueux et très reconnaissants sentiments.

Pour clore cet avant-propos et aussi sans doute pour nous remettre, ne fut-ce qu'un instant, dans l'ambiance sportive qui si souvent nous enchanta, saluons M. Drigny, président de la Fédération Française de Natation. Nous avons suivi passionnément, en élève appliqué, ses conférences d'information à Clermont-Ferrand. Nous partageons son enthousiasme pour un sport qui nous est cher et son ambition légitime pour la création de piscines nombreuses dans notre pays qui en a tant besoin.

Au moment d'affronter les rudes tâches journalières de la vie, c'est avec un peu de peine que nous disons un adieu définitif à la compétition sportive de la Natation qui fut la passion de notre jeunesse.

INTRODUCTION

Depuis fort longtemps, mais surtout depuis ces dernières années, l'attention des médecins a été attirée par la question du retentissement des efforts d'ordre sportif sur le cœur et l'appareil circulatoire. L'idée que le cœur, organe noble, et organe (du moins apparemment) fragile, « puisse être surmené par des efforts physiques excessifs et en souffrir, est une notion qui paraît a priori s'imposer à l'esprit » (P.-N. Deschamps).

De très nombreuses recherches poursuivies par des médecins spécialisés dans la direction et le contrôle médical du sport et de l'éducation physique, soit physiologistes, soit cardiologues, ont donné lieu à de remarquables études des réactions circulatoires à l'effort des sportifs ou à celui d'un athlète spécialisé.

Aujourd'hui, cette question très vaste, est d'un intérêt d'autant plus grand, que les médecins s'échappant, enfin ! de leurs laboratoires, prennent la direction des stades où ils poursuivent leurs investigations non plus sur des cobayes ou des individus pathologiques, mais sur des hommes présumés sains, sur des athlètes. Ainsi, grâce à cette émancipation, est née l'étude approfondie des réactions cardiaques à l'effort sportif et aux différentes activités sportives, problème qui touche de tout près à celui du contrôle médical de l'éducation physique et sportive.

Beaucoup d'auteurs ont fait des recherches physiologiques sur la réaction des appareils circulatoires à l'effort d'un coureur de 100 mètres, 200 mètres, 400 mètres, et autres distances de l'athlétisme, certains autres les ont poursuivies chez des

footballeurs, rugbymen, joueurs de basket-ball, quelques-uns dans le cyclisme et dans les différentes branches des activités sportives.

Trop peu de travaux ont porté sur l'étude des réactions cardiovasculaires à l'effort chez les nageurs.

De tous les sports, la natation est le seul où tout le corps de l'individu est immergé dans l'élément liquide.

Vérité première ! dira-t-on.

Oui, mais l'eau dans laquelle le nageur évolue est à des températures différentes suivant les lieux : mer, lac, canal, rivière, étang, piscine de compétitions, piscine thermale. Force nous est donc de distinguer plusieurs variétés de bains, d'après le degré de température du liquide.

Pour donner satisfaction aux esprits avides de précisions, Boigey dit que, dans l'immense majorité des cas un bain est :

Très froid.....	de 1° à 11°
Froid.....	de 11° à 24°
Frais.....	de 24° à 32°
Tiède.....	de 32° à 35°
Chaud.....	de 35° à 38°
Très chaud	au-delà de 38°

D'après cet auteur, dans ce dernier cas, l'homme peut supporter, sans risques de brûlures, 42° chez les uns, 46° chez les autres, 48° même chez quelques-uns.

Rostan donne une échelle un peu différente de celle de Boigey :

Bains très froids.....	de 0° à 12°5
Bains froids.....	de 12°5 à 18°75
Bains frais.....	de 18°75 à 25°
Bains tièdes.....	de 25° à 31°25
Bains chauds.....	de 31°25 à 37°5
Bains très chauds.....	de 37°5 à 45°

Ces divisions n'ont qu'une valeur théorique.

Aussi dans la pratique, comme Boigey le fait, nous préférons adopter une division bien plus simple, à la fois physiologique et thérapeutique. Il existe :

Des bains froids de 0° à 26° qui abaissent légèrement la température organique.

Des bains neutres de 26° à 35° qui sont sans effets appréciables sur la température organique.

Des bains chauds au-dessus de 35° qui tendent à élever la température organique et à accélérer le pouls.

L'action de l'eau froide sur la température centrale de l'individu répond à cette classification tant que le nageur reste immobile dans l'eau. Dès que celui-ci effectue rapidement un parcours : 100 mètres, 200 mètres, 400 mètres, la température centrale augmente d'environ 3/10 de degré.

Lecam, dans sa thèse, apporte les résultats d'une série d'observations prises sur des nageurs parcourant les distances comprises entre 100 m. et 400 m. dans une eau à 18°. L'effort musculaire fait monter la température rectale de 37° centigrades à 37°3 centigrades, malgré l'action de l'eau froide.

Cependant cet auteur fait remarquer que lorsque le nageur parcourt une longue distance, soit 2 kilomètres 780 mètres, le rôle de la température de l'eau (18°) l'emporte sur celui de l'effort musculaire produit par le nageur.

En effet, lorsque celui-ci évolue dans l'eau à 18°, sa température centrale est abaissée de 1/10 de degré. S'il continue à nager plus longtemps, cette température descend encore aux environs de 36°5.

Par cette division des bains en trois grandes variétés suivant la température de l'eau, nous venons de voir d'une part le rôle de l'état thermométrique de l'élément liquide sur la température centrale d'un individu immergé et au repos et, d'autre part l'augmentation sensible de celle-ci due à la dépense d'énergie musculaire créée par l'effort physique du nageur. Ne serait-ce que pour rendre un juste hommage à Lecam, qui en 1911, présentait une thèse médico-sportive : De la natation au point de vue médical, époque où les nageurs étaient considérés du grand public comme des phénomènes, il est de notre devoir de ne pas passer sous silence au cours de cette introduction ces travaux encore très intéressants. Cet auteur a aussi étudié simultanément les effets de la natation sur le cœur et sur les

artères et il a trouvé des modifications dignes d'être notées dans le muscle cardiaque, dans le pouls et la pression artérielle.

De nos jours un nouveau moyen d'investigation est quelquefois employé pour étudier, soit en clinique, soit en physiologie sportive, le comportement cardio-vasculaire d'un sujet : l'oscillométrie. Elle constitue, d'une part, une méthode sphygmomanométrique et d'autre part, une « méthode d'exploration artérielle ultra-sensible permettant l'étude du pouls, de l'impulsion cardiaque, de la perméabilité artérielle, des réactions vasomotrices ». (Pachon). Cette séméiologie oscillométrique a pour base un nouvel élément : l'indice oscillométrique. Nous connaissons l'enthousiasme de notre maître, le professeur Dodel, pour la pratique de cette véritable séméiologie oscillométrique aussi bien dans son service hospitalier, que dans son laboratoire de recherches physiologiques.

Nous partageons cet enthousiasme. C'est pourquoi, nous avons étudié les réactions cardio-vasculaires à l'effort chez les nageurs par la courbe oscillométrique. Nos recherches ont été poursuivies dans une piscine où la température de l'eau était aux environs de 24° donc en eau froide (classification de Boigey).

Au cours de ce travail nous étudierons dans un premier chapitre l'action des bains froids sur le système cardio-vasculaire.

Le deuxième chapitre sera consacré à l'étude des réactions cardio-vasculaires à l'exercice physique et sportif et, du comportement cardio-vasculaire au cours de l'entraînement.

Dans le troisième nous traiterons de l'oscillométrie, élément d'exploration des réactions du système cardio-vasculaire et du comportement cardio-vasculaire à l'effort d'ordre sportif en général et aux bains froids en particulier.

Enfin, dans le dernier chapitre, nous apporterons les résultats de nos études des réactions cardio-vasculaires à l'effort des nageurs évoluant en eau froide.

CHAPITRE Ier

ACTION DES BAINS FROIDS SUR LE SYSTÈME CARDIO-VASCULAIRE

Les bains froids sont compris entre 0° et 24°. Selon Boigey, l'inégalité des températures introduit des différences dans l'intensité de l'action de ces bains. Cette action varie encore suivant la durée de l'immersion, l'état de repos ou de mouvement de l'eau, de repos ou de mouvement du sujet, les conditions physiologiques (âge, sexe, réceptivité et réflectivité) de ce dernier. Aussi l'action physiologique des bains froids n'aura donc qu'une valeur d'approximation dans la majorité des cas.

D'après Prain, le bain en eau froide, par l'élévation de pression produite, amène une accélération, une irrégularité et une faiblesse des battements cardiaques si le cœur est sain, et, s'il est défectueux, il y a possibilité de syncope.

Au moment de l'immersion, on constate par suite de la vaso-constriction périphérique, que la peau pâlit en même temps que le pouls est dur, rapide et petit.

Chambat, élève du professeur Dodel, rapporte dans sa thèse que la balnéation froide provoque chez les sujets sains ou fébricants une énergique contraction des artérioles cutanées et la peau pâlit. Le sang reflue vers les organes centraux.

Mosso et Bergesio ont constaté chez un trépané la congestion artérielle du cerveau pendant un bain de 20°. Des expériences faites sur des cobayes plongés dans un bain à 15° dont

la muqueuse de l'intestin grêle a été mise à découvert sans qu'elle soit en contact avec l'eau, ont montré que tout le système capillaire se contractait.

Le pouls après le cœur, devient irrégulier et accéléré. Mais lorsque le bain est terminé une dilatation périphérique fait suite à la congestion centrale : la peau rougit et le pouls devient plus ample et régulier. Bonnis constate que, chez les pneumoniques, le bain froid contracte le cœur avec plus d'énergie et plus de régularité.

Il arrive que certains sujets, dans un bain froid, ont des réactions toutes différentes. Ils quittent le bain au bout de 2 ou 3 minutes avec un frisson généralisé. Leur peau est parsemée de plaques violacées, leurs yeux sont caves, leur nez s'est effilé, leurs lèvres sont violettes, leur visage est pâle ou jaunâtre, leurs oreilles et les lobules de leur nez sont livides.

Ce qui permet à l'auteur de « l'Hydrothérapie » de conclure : les bains froids sont bons ou mauvais suivant les sujets. Sauf peut-être chez les insuffisants hépatiques prédisposés aux accidents du bain froid, la production de ces accidents est à peu près imprévisible.

Cette réaction néfaste de l'organisme à ces bains n'est pas aussi rare qu'on pourrait le croire de prime abord. Il suffit pour le constater de fréquenter les bains nautiques des bords de mer, dans les étangs, les lacs, les rivières au début des saisons chaudes où l'élévation de la température de l'eau n'a pas suivi parallèlement celle de l'atmosphère ambiante. Combien de maux de tête, combien de rhumes, combien de troubles digestifs sont imputables au mauvais comportement physiologique des baigneurs à l'eau froide. Par contre, les autres n'éprouvent pas le moindre malaise. Il est vrai que ces derniers sont pour la plupart des sujets entraînés, athlétiques, qui au cours de l'hiver précédent se sont livrés à diverses activités sportives. Chez de tels sujets, nerveusement bien équilibrés, le retour au fonctionnement normal, en un laps de temps troublé par l'immersion dans l'eau froide, ne tarde pas à se faire. L'organisme réagit contre le froid, cette cause perturbatrice. C'est ce qui est appelé couramment la « Réaction ».

Cette réaction est facteur de l'intensité du froid et de l'équilibre physiologique du sujet.

Ce qui permet à Boigey d'écrire : « Cette réaction est d'autant plus énergique que le froid a été plus vif et que l'équilibre fonctionnel du sujet est meilleur. »

Elle se traduit par un ensemble de phénomènes où le système cardio-vasculaire joue un rôle très important : le pouls s'accélère le premier, la rubéfaction générale de la peau (rubéfaction réactionnelle de la pâleur tégumentaire des premières minutes de l'immersion) indique le surcroît d'activités de la circulation capillaire sous-cutanée. Cette réaction subjective continue hors du bain si l'individu a pris soin d'en sortir en temps opportun.

Cette pâleur et cette rubéfaction constatées chez des individus normaux immergés dans une eau froide est le résultat de la contractilité des capillaires.

C'est ce qui fait dire au professeur Dodel : « La passivité des tubes capillaires n'est pas réelle ainsi qu'on l'a cru pendant longtemps ».

Les recherches relativement récentes de Krogh faites en 1920, ont mis en évidence des réactions propres de la paroi des capillaires sous l'influence des cellules contractiles qui de loin en loin cravatent le vaisseau. Il s'ensuit une capillaro-motricité dont les conséquences sont très importantes pour la circulation du sang. Tantôt, en effet, se fera un barrage périphérique gênant l'écoulement du sang artériel, tantôt, au contraire, se créera un lac sanguin dans lequel viendra se perdre une importante quantité du sang circulant.

Et notre maître d'ajouter : « Etant donné l'étendue du système capillaire, on comprend qu'il puisse se faire ainsi, par dilatation capillaire paralytique, de véritables saignées intérieures amenant la syncope ou les états de choc ».

La plupart des médecins connaissent les résultats déplorables, chez les hypertendus, des grosses saignées qui ont eu tant de vogue, aussi bien dans le monde médical que dans le grand public, jusqu'à ces dernières années. C'est pourquoi il faut proscrire, en raison de nos connaissances actuelles de l'action du froid sur la capillaro-motricité, les bains froids

aux hypertendus et surtout aux personnes âgées chez qui l'état des vaisseaux cérébraux peut être précaire.

Cette action de la balnéation froide sur la mise en jeu de la capillaro-motricité et les réactions physiologiques de celle-ci ne sont pas sans effet sur le cœur.

Ainsi en 1909 Beck et Dohan ont constaté radiologiquement que le cœur augmentait de volume après le bain froid.

Trois ans plus tard : Lecam dans sa thèse, rapporte que la pointe du cœur d'un nageur ayant séjourné dans l'eau froide est légèrement abaissée.

Ces données palpatoires viennent confirmer en partie les résultats radiologiques des deux auteurs précédents.

En ce qui concerne l'action de l'eau froide sur la pression artérielle et, en particulier, sur la pression maxima, tous les auteurs classiques s'accordent dans leur conclusion : les bains froids amènent une élévation de la tension qui redescend toutefois dès que le bain est terminé. Nous verrons dans notre chapitre IV qu'il en est différemment. Nous avons expérimenté sur des sportifs dont le réflexe vagotonique, créé par l'entraînement, donne les résultats contradictoires avec les données classiques des expériences poursuivies dans des laboratoires.

Hollande (1925) a constaté que la pression moyenne se déplace vers la maxima.

Il convient donc d'interdire les bains froids et en particulier la natation de compétition à la plupart des cardiaques.

CHAPITRE II

A) ÉTUDES DES RÉACTIONS CARDIO-VASCULAIRES A L'EXERCICE PHYSIQUE ET SPORTIF

Au cours de l'exercice physique tout l'appareil cardio-vasculaire va réagir : le cœur lui-même, la tension artérielle et la circulation périphérique. Tout médecin chargé de la surveillance de l'éducation physique et du contrôle sportif doit bien connaître cette série de réactions cardio-vasculaires pour distinguer la réaction normale de ses déviations extraphysiologiques ou pathologiques.

Brouha et Dill, en 1937, dans leur « Rapport au congrès de Médecine appliquée aux sports », font ressortir que toutes les réactions circulatoires à l'exercice concourent à augmenter le débit systolique et le volume de la circulation sanguine, ceci afin d'assurer d'une part aux muscles les besoins énergétiques et nutritifs nouveaux et d'autre part, une élimination plus rapide des déchets métaboliques de la contraction musculaire. Le débit systolique s'accroît sous l'influence de l'augmentation de l'énergie contractile du myocarde, de l'élévation de la tension artérielle et de la tension veineuse. Le volume de la circulation sanguine est augmenté par l'accélération

du pouls, ainsi que par la dilatation des capillaires et des artérioles du muscle. D'où la notion actuelle d'adaptation ou de non-adaptation de l'appareil cardio-vasculaire à l'effort physique et sportif lorsque les tests traduisent un équilibre ou un déséquilibre entre des divers facteurs.

I. — Réaction du Cœur à l'Exercice Physique et Sportif.

A) *Etude des variations du rythme du cœur.*

Dans sa leçon du 15 janvier 1858, Claude Bernard disait cette phrase restée célèbre : « Une cause qui agit très efficacement pour accélérer le pouls et produire la chaleur, c'est le mouvement.

Tout s'accorde dans les manuels classiques de Physiologie pour noter l'accélération du cœur au cours du travail musculaire.

Aussi c'est elle qui est un des éléments essentiels dans diverses «épreuves d'aptitudes cardiaques à l'effort» couramment admises et dont ici nous ne discuterons pas la valeur.

L. Merklen en 1926 dans sa thèse, a bien étudié cette tachycardie du travail musculaire.

Il faut distinguer deux stades dans l'augmentation de la fréquence du pouls.

1° Accélération initiale, produite dès le début du travail.

2° Accélération persistante, suivant la précédente et se prolongeant pendant toute la durée de l'exercice et même pendant un temps plus ou moins long après la fin de celui-ci.

Il est deux éléments dont il faut tenir compte pour se faire une idée d'ensemble des modalités de l'accélération cardiaque. Ce sont, d'une part, l'intensité de l'accélération que l'on obtient par comparaison des chiffres du pouls notés avant l'effort (rythme de repos) et immédiatement après ce dernier (rythme d'exercice), d'autre part, la durée de l'accélération persistant après la cessation de l'exercice (le retard du retour au calme).

Les auteurs ne sont d'ailleurs pas d'accord au sujet de l'influence exercée sur ces deux facteurs par les divers types d'effort sportif.

D'après Amar, Bellin du Coteau et Merklen, la fréquence du pouls est en rapport davantage avec l'intensité et la brusquerie de l'effort qu'avec sa durée.

Pour Boigey, la durée de l'exercice aurait plus d'influence perturbatrice sur le pouls que son intensité.

En réalité, la détermination de la tachycardie d'effort ne peut être faite avec précision que lorsqu'on étudie celle-ci au cours même de l'exercice. D'où l'emploi du tapis roulant de Langlois ou du treadmill des Américains.

Tous les auteurs sont d'accord sur les variations importantes suivant les sujets examinés. Elles semblent liées à l'excitabilité générale du sujet, et notamment à l'excitabilité du système nerveux vago-sympathique. Personnellement, nous avons pu constater sur un même sujet, et sur nous, des variations appréciables du rythme de repos au cours d'une même journée.

Ces variations, comme Pachon en 1910 l'avait montré, sont un obstacle au choix seul de la valeur de l'accélération du pouls et de la durée du retour au calme comme critère absolu de l'aptitude cardiaque à l'effort.

Il faut donc chercher ailleurs que dans la seule accélération cardiaque un test d'aptitude cardiaque à l'effort.

Les observations, que P.-N. Deschamps, spécialiste de cardiologie de la IX^{e} région, a été amené à faire en 1939-1940, l'ont conduit à la même conclusion.

Quoiqu'il en soit de sa signification pratique, il faut reconnaître à la tachycardie d'effort, du point de vue physiologique, un très grand intérêt.

L. Merklen, Johason, Bowen, Auco, Martin, Bruber, Krogh et Linhard, Bainbridge, en ce qui concerne l'accélération initiale croient à une « irradiation des centres pyscho-moteurs aux centres des nerfs extra-cardiaques ».

R. Fabre, L. Merklen, P. Chailley-Bert, dans leur « Education Physique et Contrôle Médical », émettent la même opinion : « l'accélération du cœur, toujours rapide, se fait dès le début

du travail et parfois même elle commence avant, sous l'influence des émotions. Mise à part cette accélération émotionnelle possible, l'accélération du début résulte d'une association intercentrale entre les centres moteurs volontaires corticaux et les centres cardio-régulateurs. Il se produit tout d'abord une diminution du tonus des centres cardio-modérateurs et secondairement une augmentation du tonus des centres cardio-accélérateurs ».

D'après ces trois auteurs, la libération du pneumogastrique permet une accélération maxima voisine de 130 à la minute. Toute accélération supplémentaire est donc due à la mise en jeu des accélérations orthosympathiques.

Si l'exercice se prolonge, ajoutent ces auteurs, d'autres facteurs d'excitation entrent en jeu : la présence d'adrénaline libérée dans le sang, mais surtout la modification chimique et physico-chimique du sang résultant de l'activité musculaire.

Ces facteurs surajoutés permettent en partie d'expliquer l'accélération persistante après l'exercice.

Merklen y joint les incitations nerveuses psycho-motrices que nous avons envisagées plus haut.

Quant au mode d'action du ou des facteurs déterminants de l'accélération cardiaque, notre ignorance, d'après P.-N. Deschamps est moins complète.

Il semble que l'effet direct sur le muscle cardiaque n'est pas admissible ; à moins d'exercice musculaire intensif et prolongé. Certainement, l'action sur l'innervation extrinsèque entre en jeu. Mais il reste à préciser si l'accélération est due à l'inhibition des nerfs cardio-inhibiteurs.

Comme nous l'a enseigné notre maître, le professeur Dodel, il y a, à l'état normal, une prédominance de l'action vagale. En effet, la section ou l'atropinisation (qui équivaut à une section) des deux vagues chez certains animaux, comme le chien ou le cheval, amène une accélération considérable du cœur, ce qui signifie que l'action tonique frénatrice du vague était forte. Au contraire, la section des filets sympathiques accélérateurs s'accompagne d'un ralentissement peu marqué, c'est-à-dire que l'action accélératrice du sympathique était faible.

En physiologie sportive, les recherches de Athanasiu et Carvalho, de Aulo, de Gasser et Neck permettent de conclure, semble-t-il, que le rôle primordial concernant l'effet accélérateur revient à une inhibition du tonus vagal sous l'influence de l'effort. La physiologie, d'ailleurs, nous apprend que l'accélération cardiaque par excitation directe des nerfs accélérateurs, qui comporte toujours une période de latence, est différente de l'accélération due à l'effort musculaire qui elle, est immédiate.

Cette notion du tonus vagal sous l'influence de l'exercice musculaire nous conduira à des données intéressantes sur la physiologie de l'entraînement.

Les travaux célèbres de Brouha, Cannon et Dill, concernant le mécanisme de l'accélération, démontrent de façon irréfutable, le rôle de l'inhibition du tonus vagal. Certains auteurs enlèvent les cordons sympathiques d'un chien, détruisent sa médullaire surrénale et sectionnent les nerfs splanchniques. Le cœur de leur chien n'est plus innervé que par les nerfs vagues. Malgré cela ils voient encore se produire par l'exercice une accélération réduite, il est vrai, à 30% de celle qui se produit chez un animal témoin. Brouha admet l'action de fibres cardio-accélératrices qui seraient contenues dans le vague.

Aujourd'hui, tout le monde connaît le rôle du psychisme dans l'accélération initiale du cœur.

Enfin, il est une matière sur laquelle nous devons insister : l'exploration du système neuro-végétatif dont nerfs pneumogastriques et nerfs sympathiques sont deux éléments fonctionnellement opposés et équilibrés. Cet équilibre est recherché par le réflexe oculo-cardiaque d'Aschner. La compression des globes oculaires provoque un réflexe inhibiteur cardiaque par l'action du trijumeau. Selon notre maître, cette épreuve à une grande valeur « à condition d'être recherchée dans de bonnes conditions et répétée plusieurs fois ». Il faut que le sujet soit reposé, à jeun et étendu. On comprime modérément la partie supérieure des globes oculaires pendant 15 secondes. Pendant cette période et les 15 secondes qui suivent, le rythme cardiaque est modifié, ralenti le plus souvent.

Le ralentissement témoigne d'une mise en jeu réflexe du centre cardio-modérateur. Ce centre répond d'autant mieux que son tonus permanent est plus élevé ; aussi bien observe-t-on suivant les sujets, soit un ralentissement important, soit quelquefois, une accélération qui traduit un tonus anormal du sympathique.

« Le réflexe oculo-cardiaque (R.O.C.) est normal si le ralentissement est de 4 à 12 pulsations par minute » (Dodel).

Il est exagéré si le ralentissement est plus grand que 12 : le sujet est hypervagotonique.

Le réflexe est nul au-dessous de 4 et inversé s'il y a accélération : le sujet est sympathicotonique.

Dans quelque temps nous nous proposons de rechercher ce R.O.C. sur des sujets non entraînés et sur des sportifs entraînés. Nous pensons pouvoir tirer de cette épreuve des résultats très intéressants.

B) *Variation du volume du cœur au cours de l'exercice.*

Là, les auteurs ne sont pas d'accord.

En effet, dans les faits observés les divergences sont importantes.

Après leurs recherches, Mackenzie, Shumaker et Middleton, de Boyer et Grier, de Dausset, Cluzat, Bordet, Nicolaï et Zuntz affirmaient que l'aire cardiaque est accrue à la suite du travail musculaire. Fabre, Merklen et Chailley-Bert, confirment ces modifications de la silhouette radiologique du cœur, en particulier chez les sportifs.

Le cœur au même titre d'ailleurs qu'un biceps, se développe sous l'influence d'exercices prolongés.

Par contre, Meakins et Gunson, Barlocco avaient constaté, à la suite de l'exercice, la diminution de l'aire cardiaque, dans des proportions parfois considérables.

Boigey, en 1921, tente de concilier ces deux groupes de résultats divergents. Selon cet auteur, toute période d'entraînement régulier comporte une première phase d'hypertonicité, suivie d'une deuxième phase d'hypotonicité si l'exercice est

intense et prolongé. Cette dernière traduisant un début de fléchissement cardiaque.

Bordet (1923), estime que la diminution du cœur qu'il constate, n'est qu'apparente. Elle serait due à une différence de niveau de hauteur du diaphragme.

Telles sont actuellement les données que l'on possède touchant les modifications *immédiates* du volume du cœur lors de l'effort sportif.

Quant aux modifications persistantes du volume cardiaque liées à l'entraînement (gros cœur des athlètes) nous y reviendrons plus loin.

C) *Variations des bruits du cœur au cours de l'exercice.*

Ces variations ont été assez peu étudiées.

Boigey décrit un « signe avant-coureur du surmenage » sous forme d'un roulement diastolique qui selon le cardiologue P.-N. Deschamps, doit être bien malaisé à percevoir sur un cœur tachycardique.

L'étude faite par Fabre apparaît meilleure que la précédente. Cet auteur groupe les modifications signalées sous quatre rubriques :

1° Bruits vibrants.

2° Souffles systoliques (pointe et base).

3° Dédoublements (généralement du deuxième bruit).

4° Roulement diastolique initial.

Gooddall parle d'un souffle triscuspidien, d'un redoublement passager du second bruit pulmonaire et d'un souffle systolique pulmonaire apparu chez un sujet sain, au cours d'exercice violent.

Selon P.-N. Deschamps, toutes ces observations ont le défaut d'être fondées uniquement sur l'auscultation et de ne point s'appuyer sur des documents objectifs. Aussi cet auteur propose de vérifier les modifications des bruits du cœur au cours de l'exercice au moyen de la phonocardiographie.

II. — Réaction de la tension artérielle à l'exercice physique.

C'est le chapitre le mieux connu et le mieux fouillé des réactions circulatoires à l'exercice physique et sportif. Depuis les travaux célèbres de Marey beaucoup a été dit et écrit sur la tension artérielle, puis sur les réactions de celle-ci à l'effort musculaire. Mais les résultats sont contradictoires.

Marey affirmait que l'effort musculaire abaisse toujours la pression. Par ses études, Potain était amené à conclure : « L'exercice élève la pression artérielle, la fatigue l'abaisse ».

Pachon démontre en 1911 que la maxima s'élève proportionnellement à l'effort fourni, tandis que la minima reste relativement stable.

Dodel, dans ses études sur la variation physiologique de la tension maxima (Tmx), note que le passage de la station couchée à la station verticale, élevait cette tension de 1 centimètre de mercure.

Quelques travaux, parus sur la question, tant en France qu'à l'étranger, relèvent des chiffres surprenants au sujet de la tension systolique à la suite d'un effort suffisamment intense et prolongé. Souvent, ils dépassent les chiffres constatés cliniquement. Boigey a noté des valeurs de 28, 30 cm. de Hg. Mme Houdre a signalé un chiffre de 38 cm de Hg.

Toutefois, en toute sécurité, on peut formuler les conclusions suivantes :

1° La Tmx subit les variations les plus importantes, généralement une hausse de plusieurs cm de Hg (hypertension transitoire à l'effort), variable d'ailleurs avec les sujets, avec la nature de l'exercice léger demandé.

2° La pression minima (Tmn) subit des modifications de sens variable, et, dans la majorité des cas, de peu d'importance.

3° La pression moyenne dynamique (Tmy) subit, elle aussi, des variations plus faibles que celles de la Tmx, généralement dans le sens de la hausse.

Selon Fabre, Merklen et Chailley-Bert, cette Tmy est la résultante des variations associées de la Tmn, de la Tmx, des rythmes et de la forme des pulsations cardiaques.

Certains auteurs ont voulu lui attribuer la valeur d'un critère.

D'après ces trois physiologistes « la considération exclusive des variations de la Tmy ne saurait être un critère de l'état d'entraînement ou de fatigue. En effet, la Tmy étant une résultante, il est nécessaire, pour apprécier le régime circulatoire, de connaître au moins l'un des deux éléments fondamentaux de ce régime, soit Tmn, soit Tmx. Un exemple concret nous permettra de préciser l'erreur de principe commise lorsqu'on s'est proposé de juger de l'état circulatoire par les variations isolées de la Tmy : la même pression moyenne se rencontrera dans deux régimes circulatoires, tels que :

1°	Mx = 14	My = 10	Mn = 7
2°	Mx = 11	My = 10	Mn = 9

dans le premier cas, état normal, dans le second, asystolie extrême ».

Chez des sujets adaptés, le travail musculaire, rationnellement imposé, élève la Tmx de plusieurs cm de Hg : c'est un indice de l'aptitude du cœur à s'adapter aux nécessités de l'organisme. Pachon, Lian et Chailley-Bert ont montré l'intérêt et l'utilité pratique de cette aptitude cardiaque pour déterminer la valeur fonctionnelle du cœur.

« L'épreuve d'aptitude cardiaque » de Pachon-Martinet consiste dans la mesure des tensions artérielles avant, aussitôt après et 3 minutes après un effort modéré, toujours le même (20 flexions sur les jambes au rythme d'une flexion toutes les 3 secondes). Chez un individu normal, la Tmx s'élève de 2-3 cm de Hg à la fin de l'exercice et est revenue à un taux normal après 3 minutes de repos. La Tmn reste fixe. La Tmy s'élève sensiblement. Chez un individu inadapté au point de vue cardiaque, on constate de deux choses l'une : ou bien, après une augmentation de la Tmx, que celle-ci ne revient pas à son taux normal après les trois minutes de repos, ou bien, à la fin de l'effort, que la Tmx s'effondre tandis que la Tmn s'élève.

Cet effondrement de la différentielle (Mx-Mn) est un signe de défaillance cardiaque grave, véritable signal d'alarme (Pachon) qui doit imposer la cessation immédiate de l'exercice.

Lors d'exercices musculaires d'endurance la Tmx s'abaisse, Filip l'avait remarqué chez des skieurs qui pratiquent des épreuves de fond.

A la fin de cette étude, des réactions tensionnelles à l'exercice, nous devons noter qu'il existe un certain nombre de facteurs variables : modifications vasomotrices locales, réactions propres de la paroi artérielle, l'éréthysme cardio-vasculaire, l'émotivité plus ou moins marquée du sujet, etc...

B) ÉTUDE DU COMPORTEMENT CARDIO-VASCULAIRE AU COURS DE L'ENTRAINEMENT

Qu'est-ce que l'entraînement ?

C'est l'état dans lequel « pour un travail extérieur déterminé, accompli avec une vitesse définie et dans un laps de temps donné, l'organisme sait l'accomplir avec la moindre dépense énergétique » (Pachon).

« L'entraînement devra donc avoir pour effet essentiel de limiter le plus possible les réactions circulatoires à l'effort à prédominance orthosympathique (tachycardie, hypertension, etc...), qui représente un véritable gaspillage d'énergie. « Cette limitation ne pourra s'effectuer que par l'apparition et le développement progressif d'état d'hypotonie vagale » (P.-N. Deschamps).

D'où la notion du *syndrome cardio-vasculaire d'entraînement sportif*.

I. — Pouls.

Après plusieurs mois d'entraînement le cœur présente un ralentissement très net, variable avec les différents sujets et les diverses activités sportives pratiquées ; le pouls dépassant rarement 60 et pouvant descendre au-dessous de 50 et même quelquefois au-dessous de 40. Il est fréquent de rencontrer

chez des champions de natation un pouls inférieur à 45. La plupart des champions olympiques ont un pouls aux environs de 40. Personnellement, nous avons pu constater sur nous-même, en période de « condition » due à un entraînement sportif intense et rationnel, lors de notre tentative heureuse contre le record d'Europe des 400 mètres nage sur le dos « crawlé » un pouls à 44. Et ce pouls ne dépassait jamais 60 lorsque nous avions arrêté l'entraînement depuis plusieurs mois.

Au cours de nos nombreuses recherches du pouls chez des athlètes pratiquant des sports différents nous avons remarqué que les nageurs de compétition étaient les seuls athlètes ayant un pouls si lent.

Cette bradycardie sinusale, manifestation d'hypertonie vagale, s'accompagne d'une augmentation de l'amplitude de l'ondée sanguine, qui permet au cœur d'économiser ses forces (Herzog).

Beck et Dill ont démontré qu'il existait une relation entre le rythme cardiaque et la quantité d'oxygène absorbée ainsi qu'entre le rythme cardiaque et la quantité d'acide lactique produite.

Cette bradycardie « réactionnelle » des sportifs entraînés doit être différenciée de la bradycardie de certains sujets atteints d'asthénie constitutionnelle présentant une hypertonie du vague.

Par ailleurs, il est à souligner que l'entraînement modifie les modalités de l'accélération cardiaque pendant l'exercice. L'accélération se déclenche à partir d'un rythme plus lent. C'est pourquoi, le pourcentage d'accélération étant en général le même chez l'athlète que chez le sujet normal, non entraîné, le rythme cardiaque n'atteindra jamais chez celui-là une valeur nuisible à la résistance fonctionnelle du myocarde. La « condition physique » ou mieux encore la « forme athlétique » permet donc d'accomplir un même travail avec un pouls d'autant moins rapide que l'entraînement aura été poursuivi rationnellement.

De même la décélération après l'exercice est beaucoup plus rapide chez les sujets entraînés.

II. — Pression artérielle.

L'état d'entraînement se traduit par un abaissement *permanent* de la tension artérielle. Cette hypotension relative des sportifs a été souvent observée.

Filip constate que, chez les sportifs, des exercices réguliers abaissent de façon constante la Tmx, de façon presque constante la Tmn et que, dans la plupart des cas Mx-Mn est diminuée, tandis que des exercices violents, même chez les sportifs arrivent à élever la tension artérielle. C'est la preuve d'un rôle sédatif de l'exercice non excessif et d'un effet excitant de l'exercice violent, sur l'état de la vaso-motricité.

En 1938, Plenczner reprend la question sous un angle nouveau. Il fait une étude de la tension artérielle chez les sportifs et les non-sportifs. Il en ressort que la pression systolique et diastolique des sportifs est nettement moins élevée que celle des non-sportifs. Contrairement à Filip, il observe que la pression différentielle est un peu plus grande chez les sportifs.

Cette hypotension des sportifs permet à ceux-ci d'affronter avec moins de fatigue pour le cœur et les vaisseaux la poussée hypertensive contemporaine de l'effort musculaire.

Chez les sujets bien adaptés aux efforts sportifs, la pression artérielle s'élève doucement et est proportionnelle à l'intensité du travail fourni, puis revient à la normale après la fin de l'exercice sans présenter, au cours même de celui-ci, le « signal d'alarme de Pachon » (fléchissement soudain qui caractérise la courbe tensionnelle des sujets non entraînés).

III. — Dimensions du coeur.

Les discussions une fois encore reprennent concernant l'état permanent du volume cardiaque chez les sportifs entraînés.

Potain, Vaquez avaient noté, dès 1895, chez des jeunes soldats, que leur cœur était habituellement volumineux.

Sibl, en 1927, en examinant le cœur de nombreux sportmen, trouve une augmentation des dimensions du cœur parallèle à la durée et à l'intensité des exercices.

Les observations de Henschen, de Bardeen, de Middleton,

de Shumaker, de Schaffer et Spier, de Lee, Dodd et Young aboutissent aux mêmes conclusions : augmentation habituelle du volume cardiaque chez les sujets entraînés et pratiquant de longue date les exercices athlétiques.

Tout muscle condamné à l'inaction diminue de volume. Aussi Boigey croit que l'hypertrophie vraie du cœur des sportifs entraînés disparaît si l'on interrompt pour ceux-ci la période d'entraînement.

L'existence du gros cœur des sportifs est, toutefois, loin d'être fort constante.

Certains athlètes présentent un volume cardiaque qui ne dépasse pas la normale, ou même ont un cœur petit. C'est le cas du cœur de l'athlète André observé en 1923 par Lignac. Filip, Herxeimer, Dedchen, après des observations poursuivies sur des centaines d'athlètes accomplis, constatent que leur tension est basse et leur cœur plutôt petit.

Plenczner montre qu'il existe chez les sujets entraînés une prédominance du ventricule gauche mais que celle-ci ne s'accompagne pas de véritable hypertrophie du cœur.

IV. — Bruits du cœur.

Laubry et Van Bogaert dans leur rapport de 1937 admettent que le troisième bruit du cœur, protodiastolique, est presque constant chez les sportifs entraînés. Il n'est pas un signe de souffrance myocardique. Ce signe stéthacoustique est donc une « réaction de bon aloi à l'effort » à opposer aux bruits de galop ou au dédoublement présystolique du premier bruit qui, eux, traduisent et annoncent un fléchissement myocardiaque.

Le bruit protodiastolique va de pair avec un système cardio-vasculaire normal et sain.

Il n'est pas rare. Nous l'avons quelquefois observé chez des nageurs de grande classe.

Il témoigne d'une hypotonie myocardique d'origine vagale.

CHAPITRE III

L'OSCILLOMÈTRIE, ÉLÉMENT D'EXPLORATION DES RÉACTIONS DU SYSTÈME CARDIO-VASCULAIRE A L'EFFORT SPORTIF EN GÉNÉRAL ET AUX BAINS FROIDS EN PARTICULIER

Voici environ trente ans, l'oscillométrie du professeur Pachon est entré dans le domaine pratique de la clinique. L'utilisation de l'oscillométrie comme exploration artérielle a créé une véritable séméiologie oscillométrique qui a pour base l'indice oscillométrique.

De plus, l'oscillométrie est envisagée à un double point de vue :

1° Comme méthode sphygmomanométrique. Et les renseignements qu'elle apporte constituent l'oscillométrie sphygmométrique.

2° Comme méthode d'exploration artérielle ultrasensible permettant d'étudier l'état du pouls, de l'impulsion cardiaque, de la perméabilité artérielle, des réactions vaso-motrices, et, à ce titre, les renseignements fournis constituent l'oscillométrie proprement dite.

La détermination de pression se fait, en général par la simple lecture des oscillations. Mais il est intéressant de construire le diagramme des oscillations au cours de la décompression.

Cette construction graphique est ce qu'on appelle la courbe oscillométrique (Billard, Delaunay, Barré), qui nous donne la valeur de la Tmx (entrée dans la zone nettement croissante des oscillations), la Tmy (sommet de la courbe oscillométrique qui est le maximum d'amplitude des oscillations ou indice oscillométrique) et enfin le critère de la Tmn (entrée dans la zone terminale et distincte des oscillations à pente douce).

C'est à Pachon que nous devons les deux grandes lois de l'interprétation de l'indice oscillométrique (Io).

1re *Loi.* — « Toutes choses égales du côté de l'artère explorée, l'indice oscillométrique traduit la valeur de l'impulsion cardiaque ».

2e *Loi.* — « Toutes choses égales du côté de l'impulsion cardiaque, l'indice oscillométrique traduit la valeur du calibre vasculaire, c'est-à-dire l'état de resserrement ou de relâchement des vaisseaux artériels explorés.

G. Cuvier (de Bordeaux), élève du professeur Pachon, écrit dans le *Carnet Médical Français* du mois d'avril 1922 : « Les variations de l'indice oscillométrique sont donc fonction de deux éléments : l'un cardiaque, l'autre vasculaire et elles ne sont spécifiques de l'un que si l'autre est déjà connu ou reste constant durant l'exploration. D'où cette conclusion : « La comparaison des valeurs respectives d'indice ne peut être directement faite chez des individus » (Pachon). Au contraire, chez un même individu, l'étude des variations et de l'évolution de l'indice oscillométrique, fournit un élément de grande valeur ».

L'indice oscillométrique nous apparaît comme une méthode spécifique et pratique d'appréciation de l'état du tonus vasculaire et de la réactivité vaso-motrice.

Mise à part la recherche de la numération des pulsations cardiaques, il ressort que la construction de la courbe oscillométrique nous renseigne rapidement sur la valeur de la Tmx. de la Tmy, de la Tmn, de l'impulsion cardiaque, et, sur l'état de vaso-motricité des artères et de celui du pouls. L'oscillométrie, trop rarement employée de nos jours en physiologie sportive, est l'unique méthode qui, cependant, apporte au cours d'une seule recherche d'aussi nombreux résultats.

Nous avons étudié dans les deux chapitres précédents la variation de ces facteurs sous l'influence, d'une part, des bains froids et, d'autre part, des exercices physiques et sportifs. De plus, nous avons montré l'état de ces facteurs chez des sujets entraînés.

C'est pourquoi nous avons poursuivi nos recherches sur les réactions cardio-vasculaires à l'effort chez les nageurs, au moyen de la courbe oscillométrique.

CHAPITRE IV

ÉTUDES DU COMPORTEMENT CARDIO-VASCULAIRE A L'EFFORT CHEZ DES NAGEURS ÉVOLUANT EN EAU FROIDE

Le nageur, évoluant dans un élément spécial, produisant un travail spécial, a donc des réactions cardio-vasculaires spéciales dues, d'une part, à la température, en général froide, de l'eau et, d'autre part, à l'effort fourni pour « avancer rapidement ».

C'est le résultat de ces réactions de l'appareil circulatoire et vasculaire que nous étudierons dans ce chapitre.

Auparavant, nous indiquerons aussi brièvement que possible comment nous avons poursuivi nos recherches qui, faites dans une piscine, étaient pratiquées différemment de celles poursuivies dans un laboratoire de physiologie.

Avant toute chose, nous avons rigoureusement noté la température ambiante de la piscine (θ ext.) et celle de l'eau (θ eau).

Puis, nos recherches se sont déroulées en quatre temps :

1er *Temps* : numération du pouls, construction de la courbe oscillométrique. Ce temps est réalisé, le sujet étant debout en slip et hors de l'eau.

2e *Temps* : après un bain froid de 5 minutes pendant lesquelles notre sujet était debout, immobile et immergé dans l'eau jusqu'au cou, nous avons pris son pouls et sa courbe oscillométrique (le sujet étant encore dans l'eau).

3e *Temps* : le nageur venant de parcourir un 100 mètres rapidement, à la nage de son choix, nous avons compté à nouveau ses pulsations radiales et construit la courbe oscillométrique aussitôt après cet effort musculaire.

4e *Temps* : le sujet sort de l'eau, s'essuie et se repose. Au bout d'un quart d'heure nous avons repris son pouls et sa courbe oscillométrique.

Donc, les 1er et 4e temps sont réalisés sur le bord de la piscine, les 2e et 3e dans l'eau.

Il est d'un usage courant de prendre la courbe oscillométrique lorsque le sujet est allongé.

Or, il ne nous était pas possible de demander à notre nageur de rester allongé et immobile dans l'eau, comme dans un lit. C'est pourquoi, pour être toujours dans les mêmes conditions d'expériences, nous avons pris les courbes oscillométriques sur des sujets debout.

Aussi, avions-nous à notre disposition une table suffisamment haute qui permettait au nageur, examiné hors de l'eau, de poser son bras, de telle façon que le brassard à *doubles manchettes pneumatiques* (brassard du docteur Galavardin), qui explorait l'artère humérale, était sensiblement au même niveau hydraulique que le cœur.

Lorsque nos recherches étaient poursuivies sur le nageur immergé, une planche, spécialement adaptée sur le bord de la piscine et légèrement au-dessus de l'eau, nous permettait de rencontrer les conditions hydrauliques précédentes.

Pour faire une détermination correcte de la pression artérielle et de l'Io, nous avons, au préalable, à chaque temps, après la mise en place du brassard, fait deux compressions « pour rien » et laissé le nageur se calmer, de façon à supprimer tout facteur émotif et tout spasme vasculaire local ou à distance, tenant à la compression première qui « surprend » l'artère et à la sensation de froid produite par le brassard : procédé conseillé par Fabre.

En résumé, nos recherches ont porté sur le nageur :

1° Au repos (AV).

2° Après un bain froid de 5 minutes (B 5').

3° Aussitôt après un parcours de 100 mètres effectué rapidement (T).

4° Après un repos de 1/4 d'heure (AP 15').

Nous avons ainsi exploré les réactions cardio-vasculaires de vingt-huit nageurs. Les courbes ci-jointes résument nos observations. Pour la facilité de la lecture pratique de nos observations, nous avons transposé nos courbes oscillométriques sous la forme de ces tableaux « parlant », afin de mieux suivre l'évolution de la pression maxima (Mx), de la pression minima (Mn), de la pression moyenne (My), du pouls (trait pointillé) et de l'indice oscillométrique (Io).

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

1° *L'indice oscillométrique* :

Evolution générale

a) A la suite de l'immersion, nous notons une réduction importante (2-6 divisions), ce qui traduit une vaso-constriction. Dans les observations 7, 12, 15, 18, 19, 22, 23, 25, 28, il n'y a pas de réduction, mais une augmentation légère de l'indice (1/2-2 divisions 1/2).

Les nageurs de ces observations n'ont pas de réactions vaso-constrictives quand ils sont immergés dans l'eau froide. Ce sont, d'une part, des sportifs entraînés à nager depuis 4-5 ans, plusieurs fois par semaine, et, d'autre part, des tempéraments particuliers pour qui l'eau, à la température d'environ 24°, n'est pas suffisamment froide pour provoquer la vaso-constriction attendue. Car nous devons bien reconnaître que si nous avons adopté la classification de Boigey, en ce qui concerne les bains, à savoir :

les bains froids de 0°-26°,
les bains neutres de 26°-35°,
les bains chauds au-dessus de 35°,

c'est parce que, d'une façon générale, des individus normaux

et non entraînés à la natation de compétition font, à la suite de ces bains froids de la classification de cet auteur, une vaso-constriction physiologiquement normale.

Nous sommes persuadés que, si les nageurs des observations 7, 12, 15, 18, 19, 22, 23, 25, 28 étaient immergés dans le bain froid (12°5, 18°75) de la classification de Rostan, leur indice oscillométrique aurait accusé à coup sûr une réduction importante.

Les autres sujets, les plus nombreux, qui accusent une vaso-constriction malgré le froid relatif du bain, ont un réflexe vaso-moteur assez sensible dans le sens de la constriction. Cette réaction est une particularité de leur tempérament, car ces sujets s'entraînent également plusieurs fois par semaine et régulièrement.

Nous avons donc, d'une part, 1/3 des sujets qui réagit par vaso-dilatation et les 2/3 qui réagissent par vaso-constriction. Le facteur entraînement nous semble jouer un certain rôle, cependant moins important que le facteur tempérament individuel.

b) D'une façon générale, il y a augmentation (de 1-3 divisions 1/2) pendant l'effort musculaire fourni dans l'eau, donc une vaso-dilatation. Celle-ci est toutefois moins importante que celle d'un sujet produisant un effort dans l'air. Il en résulte que, dans le travail dans l'eau, les artères des membres ne sont pas plus dilatées que dans l'air au repos.

Cette constatation nous permet de conclure qu'un des éléments de l'accroissement de l'irrigation sanguine des membres pendant le travail, la dilatation artérielle, fait défaut dans la natation. Il faudra donc que le cœur compense cette défaillance par un autre facteur, soit l'élévation anormale de la Tmx, soit une accélération anormale du pouls. Nous verrons plus loin que c'est le pouls plus que la Tmx.

c) Après le travail, l'indice Io subit une réduction importante. La vaso-constriction qu'elle traduit, ne se retrouve pas dans le travail dans l'air. Il y a là encore un élément de surcharge du cœur.

2° *Le pouls.*

Evolution générale

a) Après un bain de 5 minutes, la plupart de nos sujets ont un pouls qui diminue considérablement.

Ces résultats sont en contradiction avec ceux obtenus sur des sujets non habitués à la natation et aux bains froids. Cette diminution est le témoin d'un réflexe vagotonique du sujet qui s'entraîne régulièrement en natation. Il aurait été curieux de constater si cette bradycardie vagotonique eût existé encore si nos sujets avaient été immergés dans une eau à 15° par exemple. Nous ne le pensons pas.

b) Après les 100 mètres parcourus rapidement, une tachycardie considérable et parfois anormale de 30 à 150% et même 166%, est accusée chez tous nos sujets à l'exception d'un seul. Nous avons vu plus haut que, pendant ce même effort musculaire, la dilatation artérielle normalement attendue faisait défaut. Ainsi le cœur compense cette défaillance par une tachycardie considérable.

c) Au bout d'un quart d'heure de repos, la plupart de nos nageurs avaient récupéré leur « pouls de repos ». Certains ont même un « pouls de retour au calme », inférieur au « pouls de repos », qui est un signe de vagotonie. Les sujets dont le pouls n'est pas revenu à la normale après ce quart d'heure de repos sont les nageurs les moins entraînés de notre série d'observations. Chez certains d'entre eux, c'est la traduction d'une légère défaillance cardiaque.

3° *La Tmx* :

a) Sous l'action du bain la Tmx varie à peine.

Sur notre série de vingt-huit observations, onze sujets ont une pression maxima qui ne varie pas, dix voient leur Tmx augmenter de 1-3 cm. de Hg., les sept autres accusent une diminution sensible de la valeur de la maxima, due sans doute au ralentissement cardiaque qui apparaît parfois assez nettement. Le comportement et le reflexe vagotonique semblent encore ici jouer un rôle.

L'entraînement à l'eau froide a créé chez eux une hyper-

vagotonicité qui leur permet de faire des efforts plus considérables. Tel est le but de l'entraînement.

b) Aussitôt après l'effort musculaire considérable que demande le parcours d'un 100 mètres effectué rapidement à la nage, les courbes oscillométriques de tous les nageurs (à l'exception d'un seul) nous montrent une élévation de la Tmx. Cependant cette élévation de la Tmx n'atteint pas les valeurs que l'on rencontre dans d'autres activités sportives, par exemple dans un 400 mètres plat, un 800 mètres plat.

Au cours de nos observations, la valeur maximum observée arrive à 20 cm. de Hg. En général, elle ne dépasse pas 17. Ces taux sont faibles lorsqu'on les compare à ceux couramment relevés (22, 23, 24 et même 28 cm. de Hg.) chez les autres sportifs. Cette élévation relativement faible de la Tmx nous apparaît comme une caractéristique du comportement cardiaque lors de l'effort musculaire même intense chez les nageurs.

Nous pensons qu'il ne s'agit plus là ni du facteur individuel ni du facteur entraînement mais de l'action de la respiration toujours très ample chez les nageurs contrairement à ce que dit Boigey. En effet, cet auteur croit que le nageur de vitesse bloque sa cage thoracique. Cela était vrai il y a 10 ans. Mais après les Américains et les Japonais, les Français ont compris le bien-fondé de la respiration profonde à chaque temps.

c) Après un quart d'heure de repos nos nageurs voient leur Tmx revenue à la normale. Certains d'entre eux même ont une « Tmx de retour au calme », inférieure à celle de repos.

4° *La Tmy* :

Aussi bien après le bain qu'après un effort musculaire, la Tmy varie très peu chez nos sujets.

5° *La Tmn* :

Sur la courbe oscillométrique, il nous a été souvent impossible de noter la valeur de la Tmn.

Sur les quatre courbes où nous avons pu la relever, nous constatons qu'elle varie dans le même sens que la Tmx, mais avec des valeurs beaucoup plus faibles, de sorte que la différentielle se trouve augmentée ainsi qu'il est classique de le noter au cours d'un effort physique quelconque chez un sujet normal.

CONCLUSIONS

La Natation, sport spécial, demande au cœur des qualités spéciales :.

Bien que l'effort fourni par le nageur et l'action de l'eau sur celui-ci n'obligent pas le cœur à subir une hypertension très élevée, il n'en reste pas moins vrai que, pour compenser la dilatation artérielle qui fait défaut au moment de l'activité musculaire du nageur, le muscle cardiaque doit, par conséquent, battre à un rythme beaucoup plus élevé que ne le comporterait l'élévation relative de la Tmx.

L'hypervagotonie des nageurs traduite par le ralentissement des pulsations au repos (de 40 à 50), nous paraît être un des effets physiologiques essentiels de l'entraînement à la natation ; elle est, en effet, beaucoup plus marquée que dans les autres sports. De nos recherches nous pouvons, semble-t-il, déduire deux facteurs de cette hypervagotonie.

Tout d'abord, l'habitude de l'eau froide ou fraîche amène chez les bons nageurs une bradycardie constante. L'explication physiologique de ce réflexe vagal au froid ne nous apparaît pas encore, les impressions de froid sur la peau, produisant habituellement des réactions sympathicotoniques (vasoconstrictions). Force nous est cependant d'admettre, devant nos résultats d'expérience, la réalité de cette réflectivité vagale. Il en résulte, par répétition, une exagération du tonus permanent vagal.

En second lieu, l'accélération considérable du pouls, qui se produit au cours de l'exercice musculaire dans l'eau froide ou fraîche, sollicite, sans doute, par balancement, l'hypertonie

du centre antagoniste, c'est-à-dire du centre cardio-modérateur vagal.

Comme dans les autres sports, les Tmn et Tmy varient très peu, seule la Tmx subit des variations appréciables. Et ces variations ne nous permettent plus de comparer, comme il était souvent fait, l'effort fourni pour un 100 mètres nage à celui exigé d'un 400 mètres sur piste.

Nos constatations nous amènent à souligner que la natation demande au cœur un effort plus considérable que la course à pied par exemple.

Mise à part la difficulté de trouver la pression minima (qui d'ailleurs varie peu) sur nos courbes oscillométriques, nous avons vu l'intérêt que comporte la pratique de l'oscillométrie dans la recherche du comportement cardio-vasculaire d'un athlète et en particulier d'un nageur. Elle nous renseigne rapidement sur la valeur de la Tmx, de la Tmy, de la Tmn (quelquefois), de l'impulsion cardiaque et sur l'état de la vasomotricité des artères qu'on a grand intérêt à connaître.

BIBLIOGRAPHIE

BAINBRIDGE. The physiology of muscular exercices. Londres 1923.

BELLIN DU COTEAU. La respiration et le rythme cardiaque dans les efforts sportifs. *Rev. Méd. E.P. et Sports*, 1923.

M. BOIGEY. Hydrothérapie. Massage 1941. L'entraînement. (Masson et Cie), 1942.

BROUHA et DILL. Le comportement cardio-vasculaire des différents sujets dans la pratique des sports. *Congrès de médecine appliquée à l'E.P.*, Paris 1937.

J. CASTAIGNE et P. DODEL. Eléments de physiologie clinique de l'appareil circulatoire, 1939.

CHAMBAT. Contribution à l'étude physiologique des eaux minérales. La balnéothérapie. *Thèse Strasbourg*, 1942.

P.-N. DESCHAMPS. Appareil circulatoire et sport. Monographies médicales (1re), no III, *Revue officielle du C.G.E.G.S.*

FABRE, MERKLEN, CHAILLEY-BERT. Education Physique et Contrôle Médical, 1943.

FILIP. De quelques problèmes concernant l'appareil circulatoire chez les sportifs. Recherches cliniques sur l'appareil circulatoire chez les sportifs. *Revue Médicale de l'Est*, 1er mai 1925.

HERZOG. La bradycardie des sportifs. *Deutsch. Modiz. Woch*, 1938.

A. KROGH. Anatomie und Physiologie der Capillaren. Berlin 1929.

KROGH et LINHARD. The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular *Work. Journ. of Physiology*, 1913.

LECAM. De la natation au point de vue médical. *Thèse Bordeaux*, 1910-1911.

L. MERKLEN. Le rythme du cœur au cours de l'exercice musculaire et notamment des exercices sportifs. *Thèse Nancy*, 1926.

Victor PACHON et R. FABRE. Exploration fonctionnelle cardio-vasculaire, 1933.

PLENCZENER. Recherches comparatives sur l'hypertension chez les sportifs et les non sportifs.

PRAIN (Mlle). Les bains froids dans la première enfance. Effets physiologiques, application hygiénique et thérapeutique. *Thèse Paris*, 1935.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Avant-propos	9
Introduction	13
Chapitre I[er]	17
Chapitre II.	21
Chapitre III	35
Chapitre IV	39
Conclusions	45
Bibliographie	47

Vu : *Le Président de Thèse,*
M. HANNS.

Clermont-Ferrand, le 7 juin 1944.
Vu : *Le Doyen de la Faculté de Médecine de Strasbourg,*
André FORSTER.

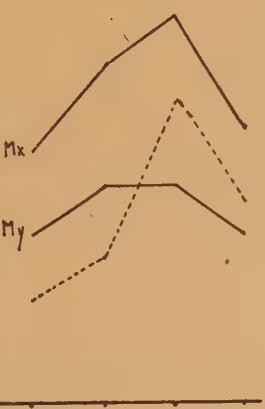
Clermont-Ferrand, le 8 juin 1944.
Vu et permis d'imprimer :
Pour le Recteur de l'Académie de Strasbourg :
André FORSTER,
Vice-Président du Conseil de l'Université.

OBSERVATIONS

Observation 1 — S. E. 15 ans. — 125 m. brasse rapidement

θ ext = 20°
θ can = 25°

Poul	Mx	My	Mo	AV	BS'	T	AP15'
165		23					
160		22					
155		21					
150		20					
145		19					
140		18					
135		17					
130		16					
125		15					
120		14					
115		13					
110		12					
105		11					
100		10					
95		9					
90		8					
85		7					
80		6					
75		5					
70		4					
65		3					
60		2					
55		1					
50							

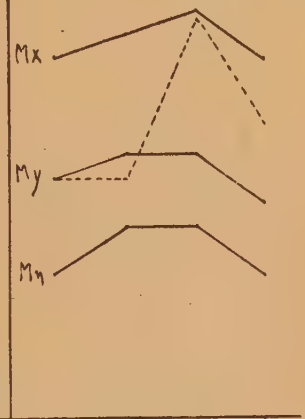


I_o	13
	12
	11
	10
	9
	8
	7
	6
	5
	4
	3
	2
	1

Observation 2 — C. A. 15 ans — 100 m. brasse rapidement

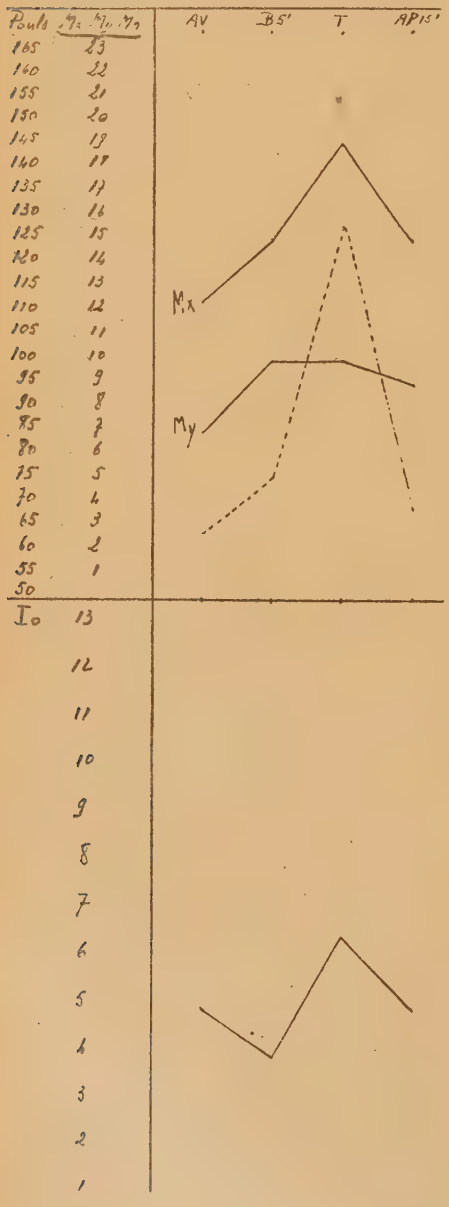
θ ext = 20°
θ can = 25°

Poul	Mx	My	Mo	AV	BS'	T	AP15'
165		23					
160		22					
155		21					
150		20					
145		19					
140		18					
135		17					
130		16					
125		15					
120		14					
115		13					
110		12					
105		11					
100		10					
95		9					
90		8					
85		7					
80		6					
75		5					
70		4					
65		3					
60		2					
55		1					
50							

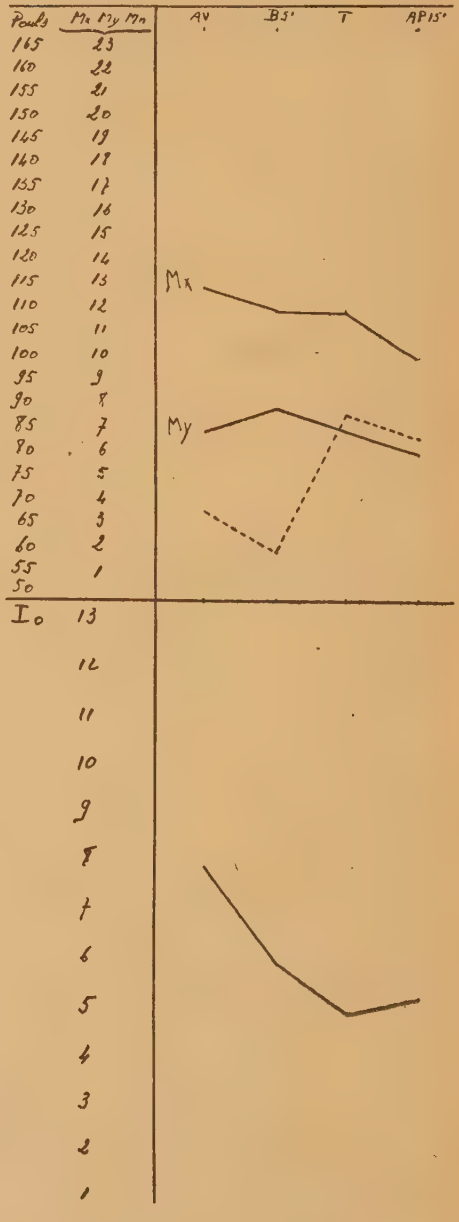


I_o	13
	12
	11
	10
	9
	8
	7
	6
	5
	4
	3
	2
	1

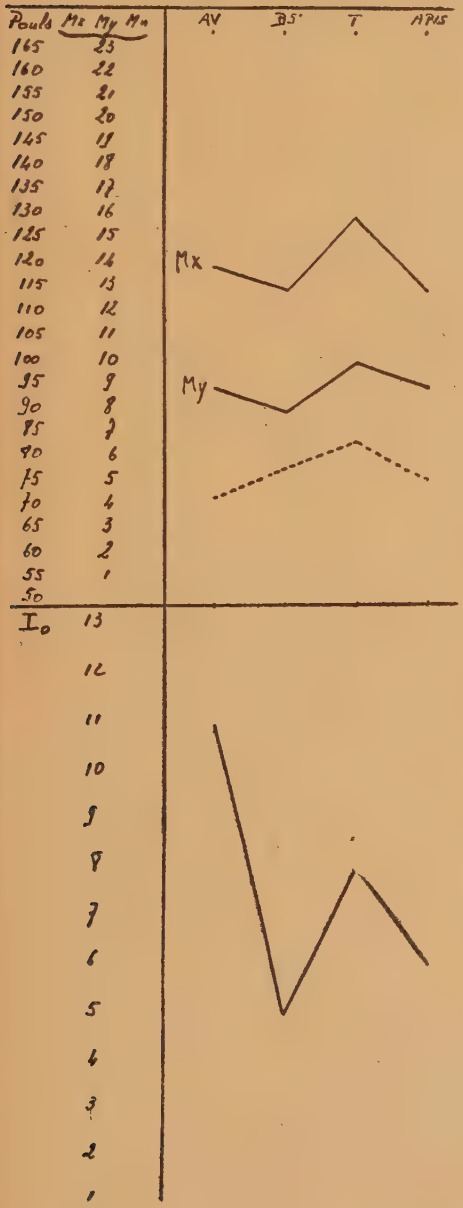
Obturation 3 — G. R. 18 ans
100 m crawl rapidement
θ ext = 19°
θ eau = 26°



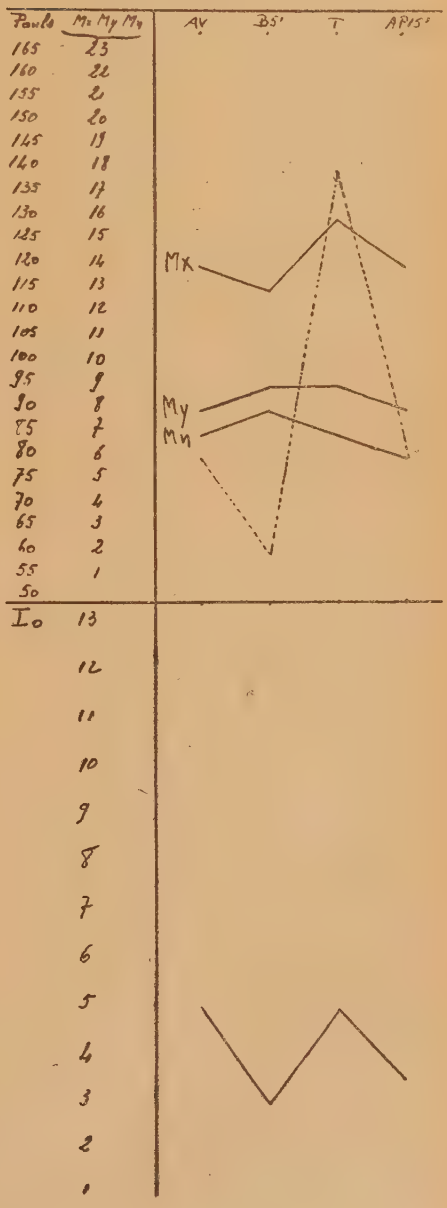
Obturation 4 — M. F. 18 ans
100 m. crawl rapidement.
θ ext = 20°
θ eau = 24°



Obturation 5 B. P. 21 ans
100 m. crawl rapidement.
θ ext = 17°
θ eau = 22°



Obturation 6 J. H. 14 ans
θ ext = 18° 100 m brasse rapidement
θ eau = 24°

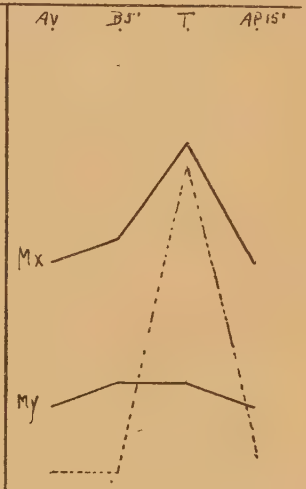


Observation 7 — M. L. 16 ans

100 m crawl rapidement

O ext = 20°
O eau = 23°

Pouls	Mx	My	Mn
165	23		
160	22		
155	21		
150	20		
145	19		
140	18		
135	17		
130	16		
125	15		
120	14		
115	13		
110	12		
105	11		
100	10		
95	9		
90	8		
85	7		
80	6		
75	5		
70	4		
65	3		
60	2		
55	1		
50			



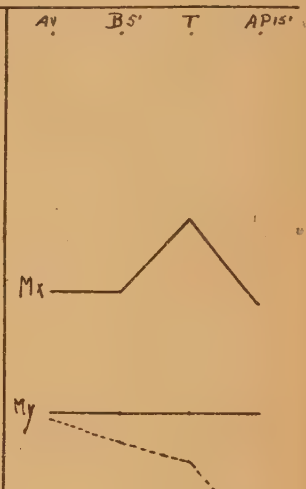
Io	
	13
	12
	11
	10
	9
	8
	7
	6
	5
	4
	3
	2
	1

Observation 8 — P. L. 17 ans

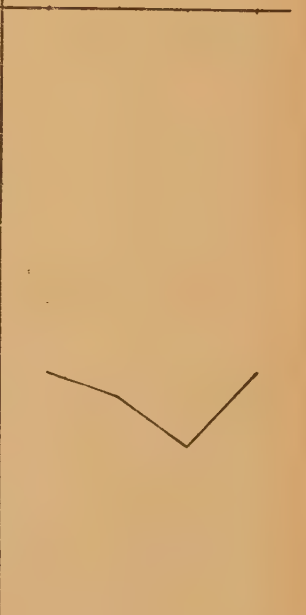
100 m. crawl rapidement.

O ext = 20°
O eau = 23°

Pouls	Mx	My	Mn
165	23		
160	22		
155	21		
150	20		
145	19		
140	18		
135	17		
130	16		
125	15		
120	14		
115	13		
110	12		
105	11		
100	10		
95	9		
90	8		
85	7		
80	6		
75	5		
70	4		
65	3		
60	2		
55	1		
50			



Io	
	13
	12
	11
	10
	9
	8
	7
	6
	5
	4
	3
	2
	1



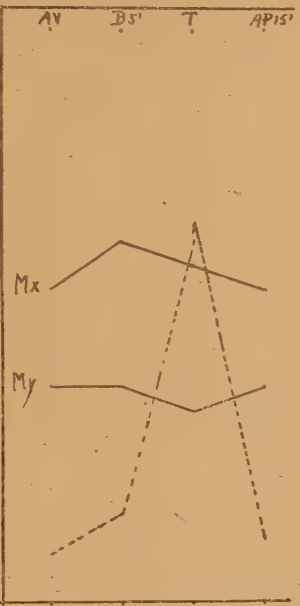
P.R. 18 ans

Observation 9

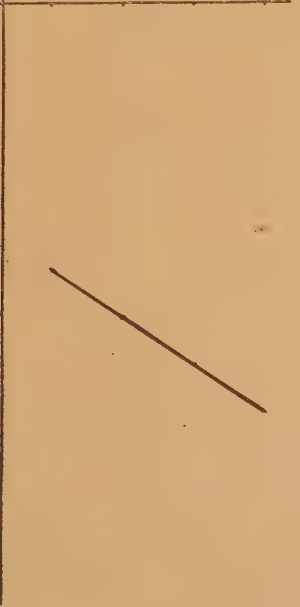
100 m. crawl rapidement

θ ext 20°5
θ eau 24°

Pouls	Mx	My	Mo
165	23		
160	22		
155	21		
150	20		
145	19		
140	18		
135	17		
130	16		
125	15		
120	14		
115	13		
110	12		
105	11		
100	10		
95	9		
90	8		
85	7		
80	6		
75	5		
70	4		
65	3		
60	2		
55	1		
50			



Io 13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1



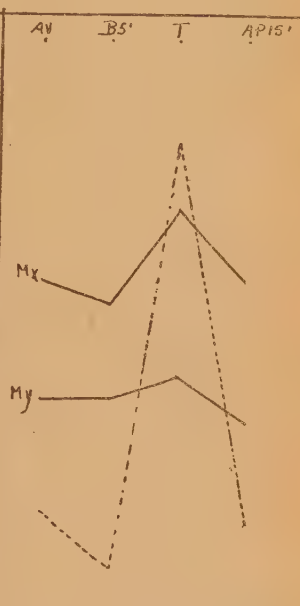
C.J. 16 ans

Observation 10

100 m. brasse rapidement

θ ext = 20°5
θ eau = 24°

Pouls	Mx	My	Mo
165	23		
160	22		
155	21		
150	20		
145	19		
140	18		
135	17		
130	16		
125	15		
120	14		
115	13		
110	12		
105	11		
100	10		
95	9		
90	8		
85	7		
80	6		
75	5		
70	4		
65	3		
60	2		
55	1		
50			



Io 13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

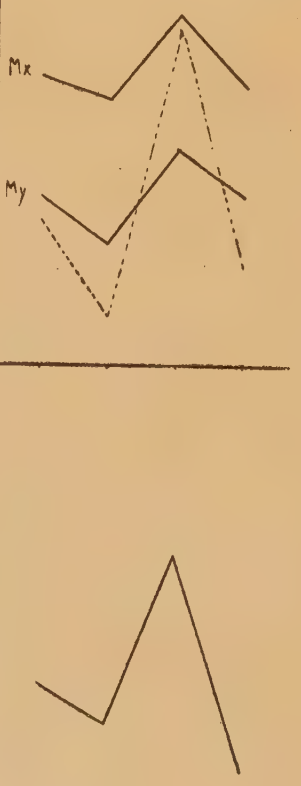
B. A 17 ans

Observation 11

100 m. brasse rapidement

θ ext = 20°
θ eau = 25°

Pouls	Mx My Mo	AV	BS	T	AP 15'
165	23				
160	22				
155	21				
150	20				
145	19				
140	18				
135	17				
130	16				
125	15				
120	14				
115	13				
110	12				
105	11				
100	10				
95	9				
90	8				
85	7				
80	6				
75	5				
70	4				
65	3				
60	2				
55	1				
50					
I_o	13				
	12				
	11				
	10				
	9				
	8				
	7				
	6				
	5				
	4				
	3				
	2				
	1				



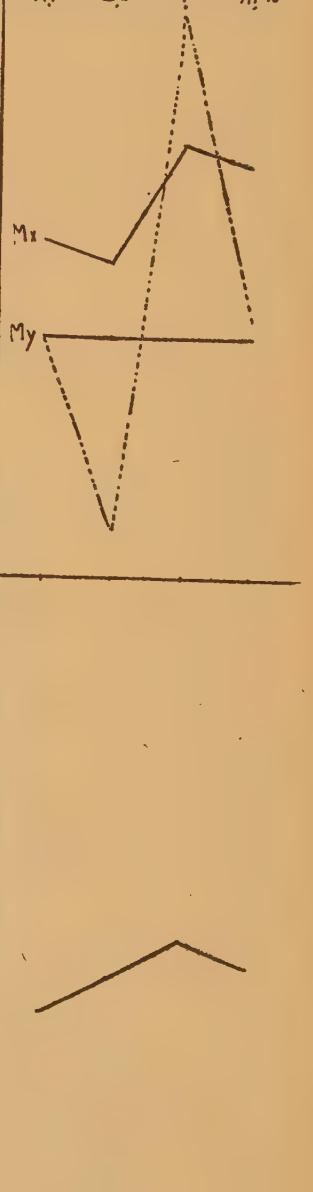
L. P. 16 ans

Observation 12

100 m. crawl rapidement.

θ ext = 20°
θ eau = 25°

Pouls	Mx My Mo	AV	BS'	T	AP 15'
165	23				
160	22				
155	21				
150	20				
145	19				
140	18				
135	17				
130	16				
125	15				
120	14				
115	13				
110	12				
105	11				
100	10				
95	9				
90	8				
85	7				
80	6				
75	5				
70	4				
65	3				
60	2				
55	1				
50					
I_o	13				
	12				
	11				
	10				
	9				
	8				
	7				
	6				
	5				
	4				
	3				
	2				
	1				



Observation 13 — M.J. 12 ans

50 brasse rapidement.

θ ext = 16°

θ eau = 22°5

Poids	Mx	My	M_T	AV	B5'	T	API5
165	23						
160	22						
155	21						
150	20						
145	19						
140	18						
135	17						
130	16						
125	15						
120	14						
115	13						
110	12						
105	11						
100	10			Mx			
95	9						
90	8						
85	7			My			
80	6						
75	5						
70	4						
65	3						
60	2						
55	1						
50							
I_0	13						
	12						
	11						
	10						
	9						
	8						
	7						
	6						
	5						
	4						
	3						
	2						
	1						

Observation 14 — D.A. 23 ans

100 m. crawl rapidement

θ ext = 19°

θ eau = 23°

Poids	Mx	My	M_T	AV	B5'	T	API5'
165	23						
160	22						
155	21						
150	20						
145	19						
140	18						
135	17						
130	16						
125	15						
120	14						
115	13						
110	12						
105	11			Mx			
100	10						
95	9						
90	8						
85	7			My			
80	6						
75	5						
70	4						
65	3						
60	2						
55	1						
50							
	13						
	12						
	11						
	10						
	9						
	8						
	7						
	6						
	5						
	4						
	3						
	2						
	1						

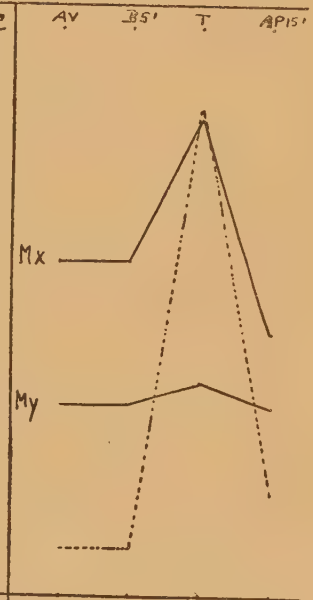
P. R. 18 ans ½

Observation 15

100 m. dos rapidement

θ ext = 24°
θ eau = 24°

Poids	Mx My Mn
165	23
160	22
155	21
150	20
145	19
140	18
135	17
130	16
125	15
120	14
115	13
110	12
105	11
100	10
95	9
90	8
85	7
80	6
75	5
70	4
65	3
60	2
55	1
50	



I_0
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

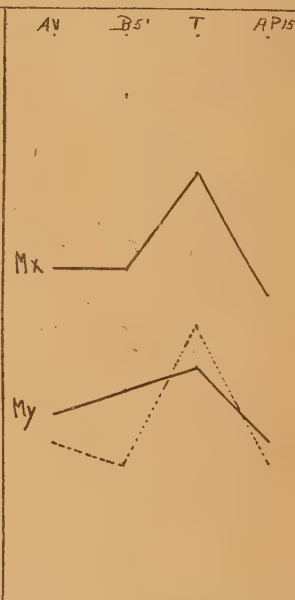
G. M. 15 ans ½

Observation 16

100 m. brasse rapidement

θ ext = 20°5
θ eau = 25°5

Poids	Mx My Mn
165	23
160	22
155	21
150	20
145	19
140	18
135	17
130	16
125	15
120	14
115	13
110	12
105	11
100	10
95	9
90	8
85	7
80	6
75	5
70	4
65	3
60	2
55	1
50	



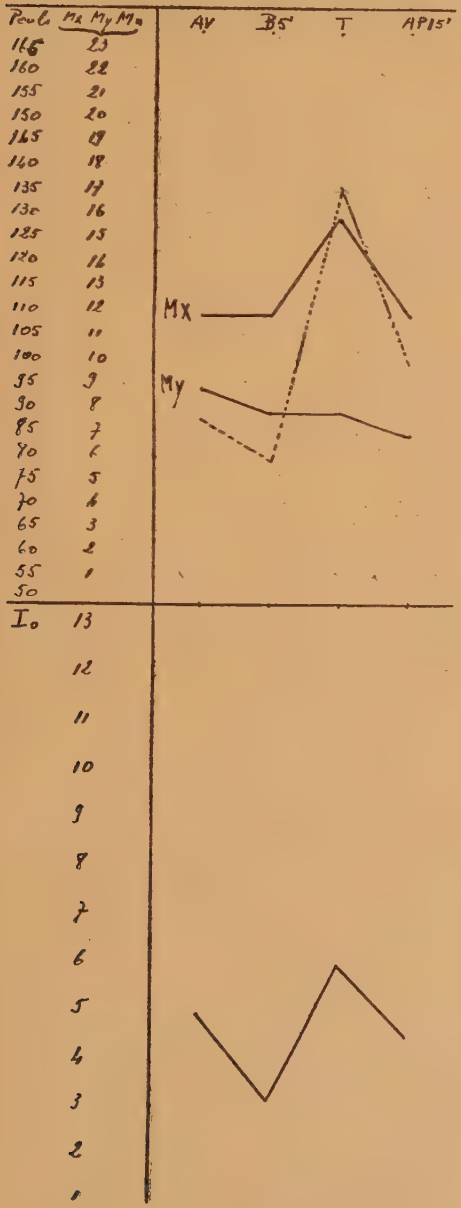
I_0
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

B.J. 19 ans

Observation 17

100 m. crawl rapidement

θ ext = 20°5
θ eau = 25°5

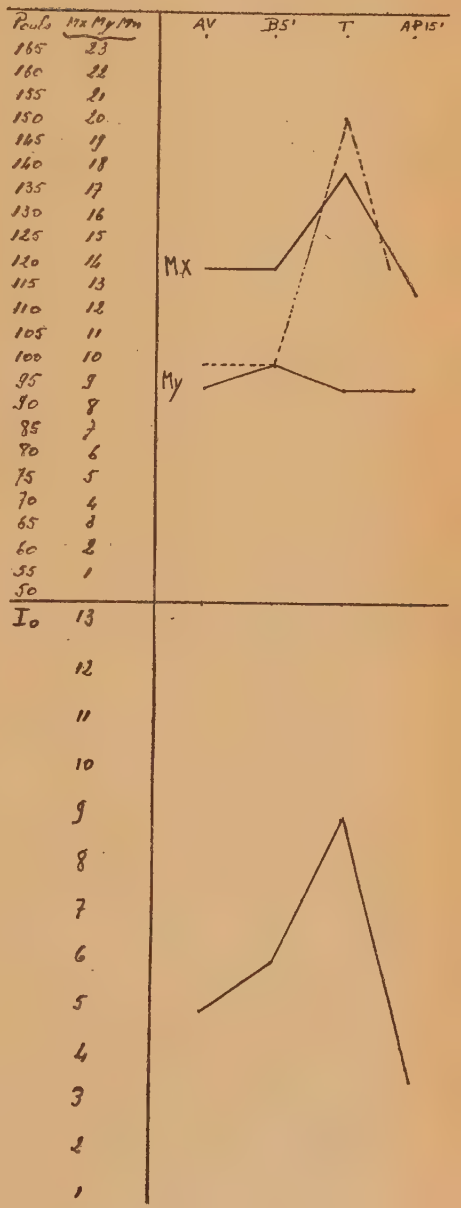


A.R 16 ans

Observation 18

100 m. dos rapidement

θ ext = 19°5
θ eau = 25°

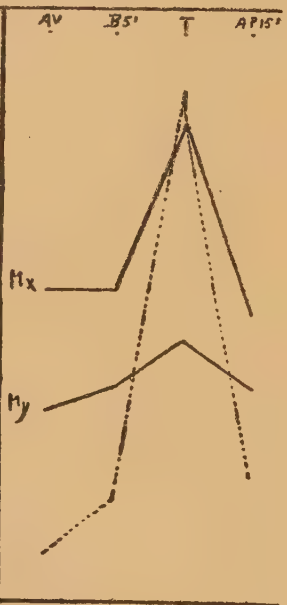


Observation 19 — G. E 17 ans

100 m. dos crawlé rapidement

θ air = 20°
θ eau = 22°

Pouls	Mx	My	Mn
165	23		
160	22		
155	21		
150	20		
145	19		
140	18		
135	17		
130	16		
125	15		
120	14		
115	13		
110	12		
105	11		
100	10		
95	9		
90	8		
85	7		
80	6		
75	5		
70	4		
65	3		
60	2		
55	1		
50			

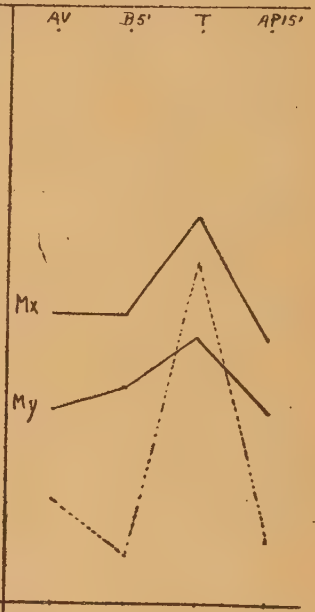


I_o 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Observation 20 — M. J. 17 ans

θ air = 17°5 100 m. crawl rapidement
θ eau = 22

Pouls	Mx	My	Mn
165	23		
160	22		
155	21		
150	20		
145	19		
140	18		
135	17		
130	16		
125	15		
120	14		
115	13		
110	12		
105	11		
100	10		
95	9		
90	8		
85	7		
80	6		
75	5		
70	4		
65	3		
60	2		
55	1		
50			



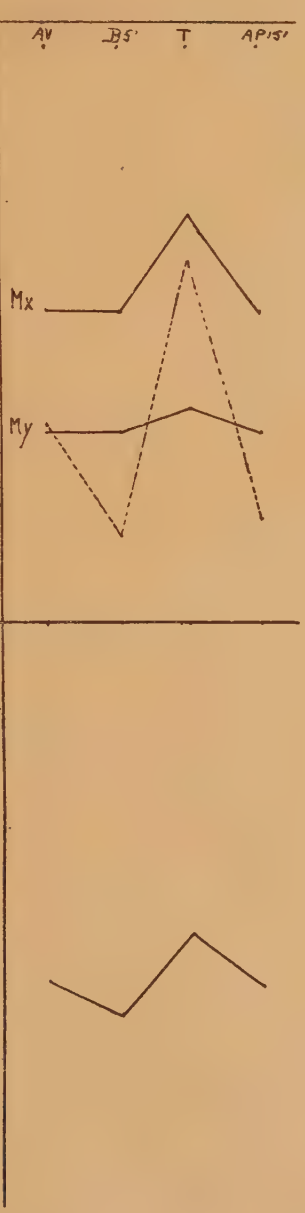
I_o 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Observation 21 — J. G. 16 ans ½

100 m. brasse rapidement

D ext = 17°5
D eau = 22

Poids	Mx	My	Mo
165	23		
160	22		
155	21		
150	20		
145	19		
140	18		
135	17		
130	16		
125	15		
120	14		
115	13		
110	12		
105	11		
100	10		
95	9		
90	8		
85	7		
80	6		
75	5		
70	4		
65	3		
60	2		
55	1		
50			
I_o	13		
	12		
	11		
	10		
	9		
	8		
	7		
	6		
	5		
	4		
	3		
	2		
	1		

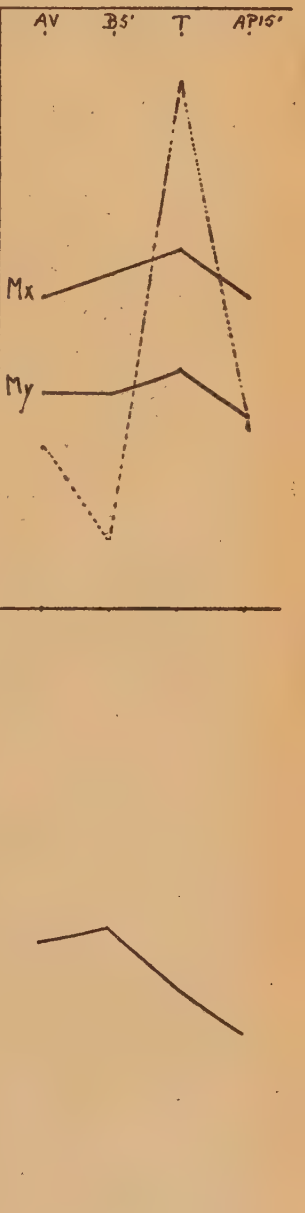


Observation 22 — M. R. 16 ans

100 m. brasse rapidement.

D ext = 16°
D eau = 23°

Poids	Mx	My	Mo
165	23		
160	22		
155	21		
150	20		
145	19		
140	18		
135	17		
130	16		
125	15		
120	14		
115	13		
110	12		
105	11		
100	10		
95	9		
90	8		
85	7		
80	6		
75	5		
70	4		
65	3		
60	2		
55	1		
50			
I_o	13		
	12		
	11		
	10		
	9		
	8		
	7		
	6		
	5		
	4		
	3		
	2		
	1		

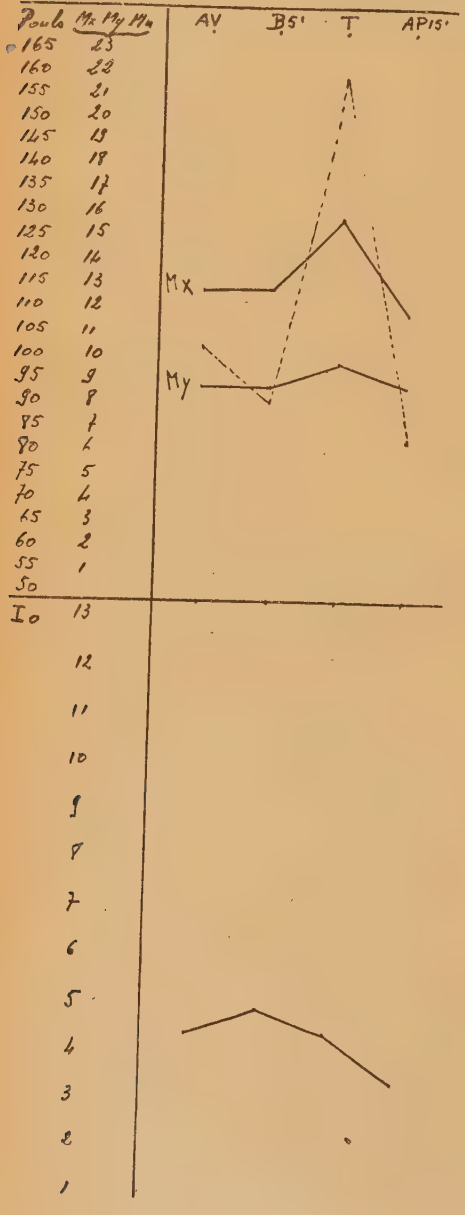


M. N. 16 ans

Observation 23

100 m. crawl rapidement

θ ext = 18°5
θ eau = 23°

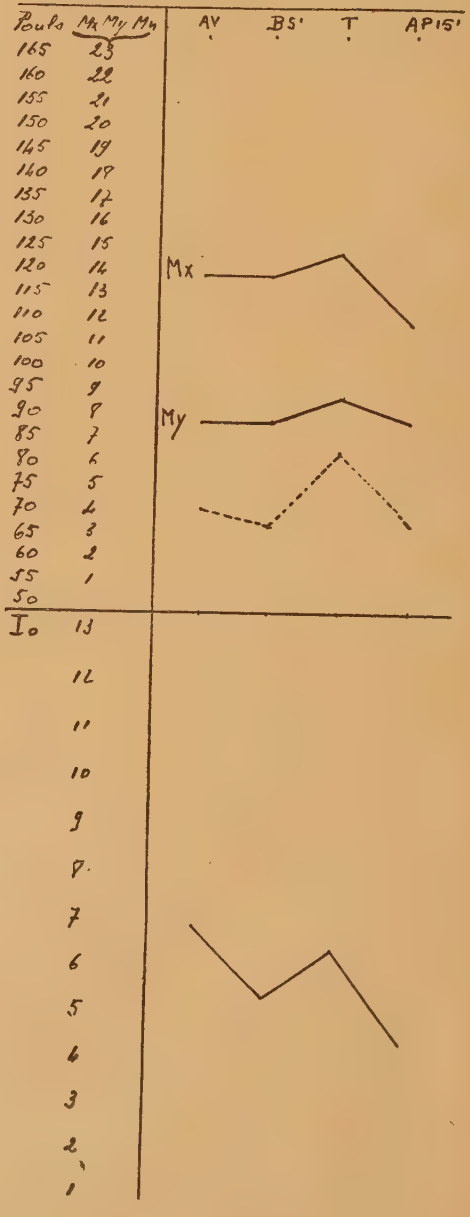


B. A. 17 ans

Observation 24

100 m. crawl rapidement.

θ ext = 18°5
θ eau = 23



F. M. 16 ans

Observation 25

100 m. crawl rapidement

θ ext = 18°5

θ eau = 27

Poids	Mx My Mn	AV	B5'	T	APIS'
165	23				
160	22				
155	21				
150	20				
145	19				
140	18				
135	17				
130	16	Mx			
125	15				
120	14				
115	13				
110	12				
105	11				
100	10				
95	9				
90	8	My			
85	7				
80	6				
75	5	Mn			
70	4				
65	3				
60	2				
55	1				
50					
I_o	13				
	12				
	11				
	10				
	9				
	8				
	7				
	6				
	5				
	4				
	3				
	2				
	1				

G. B. 14 ans ½

Observation 26

100 m. crawl rapidement

θ ext = 18

θ eau = 23

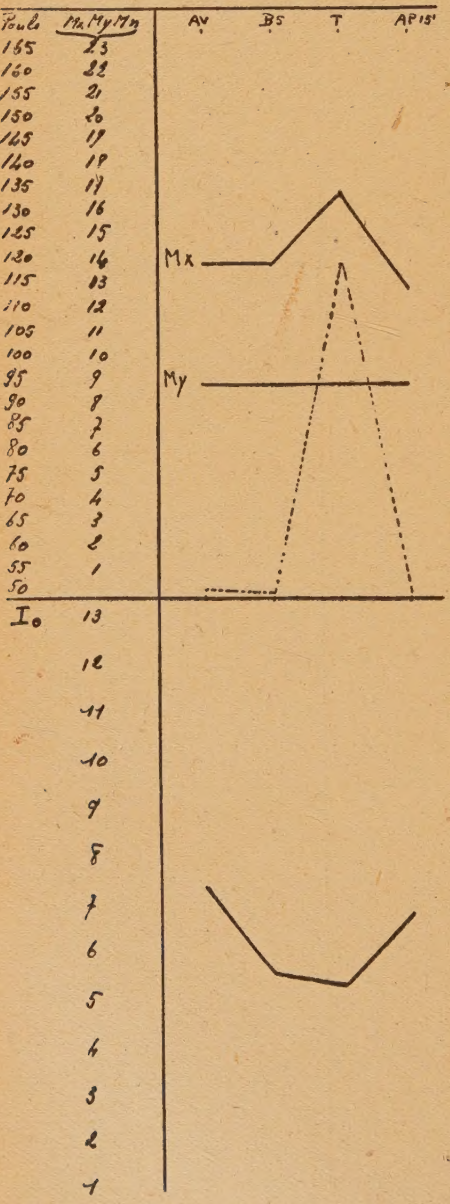
Poids	Mx My Mn	AV	B5	T	APIS
165	23				
160	22				
155	21				
150	20				
145	19				
140	18				
135	17				
130	16				
125	15				
120	14				
115	13	Mx			
110	12				
105	11				
100	10				
95	9				
90	8	My			
85	7				
80	6				
75	5				
70	4				
65	3				
60	2				
55	1				
50					
I_o	13				
	12				
	11				
	10				
	9				
	8				
	7				
	6				
	5				
	4				
	3				
	2				
	1				

C. J 19 ans 1/2

Observation 27

100 m. crawl rapidement.

θ ext = 18°
θ eau = 23°

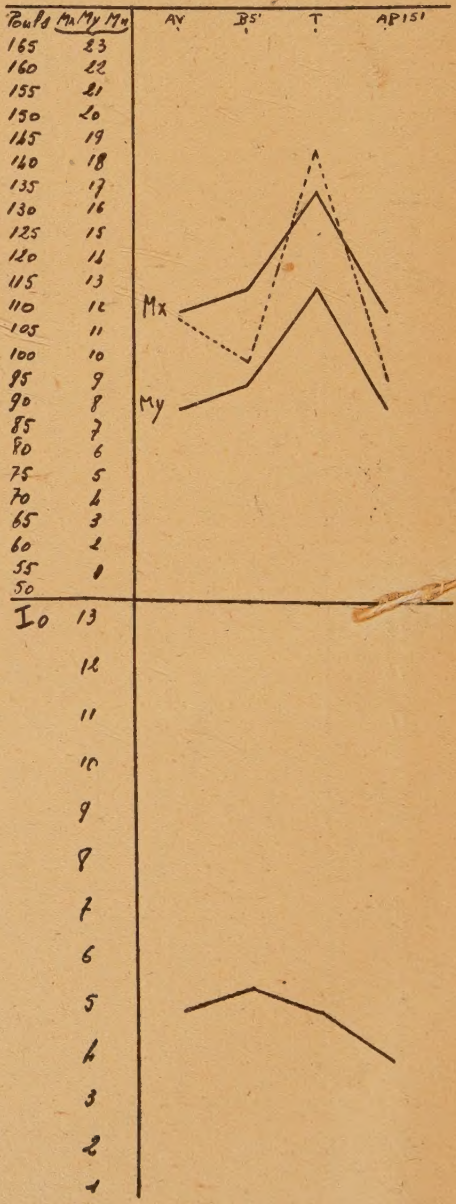


C. R. 14 ans

Observation 28

100 m. brasse rapidement

θ ext = 18°
θ eau = 23°



N° 68 Dépôt 4e Tr- 1944.

Imp- Générale, J. de Bussac, 2, cours Sablon. Clermont-Ferrand